

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

O CANTEIRO DE OBRAS VIRTUAL – UMA PROPOSTA DE AMBIENTE DE APRENDIZAGEM PARA  
O ENSINO DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA INTERNET

Tese submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para  
obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção  
Área de concentração: Engenharia de Avaliação e Inovação  
Tecnológica

**CARLOS LUCIANO SANT'ANA VARGAS**

Florianópolis, fevereiro de 2003

O CANTEIRO DE OBRAS VIRTUAL – UMA PROPOSTA DE AMBIENTE DE APRENDIZAGEM PARA  
O ENSINO DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA INTERNET

CARLOS LUCIANO SANT'ANA VARGAS

**Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.**

Coordenador do PPGE

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Álvaro Guillermo Rojas Lezana, Dr.

**Orientador**

Prof. João Zaleski Neto, Dr.

**Moderador**

Prof.<sup>a</sup> Denise Antunes da Silva, Dr.

Prof. Ricardo Mendes Junior, Dr.

Prof. Vicente Coney Campiteli, Dr.

**AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Álvaro Guillermo Rojas Lezana pela cordialidade na orientação integral deste trabalho;

Ao Prof. Ricardo Mendes Jr. do PPGCC pelas sugestões no desenvolvimento do ambiente;

Aos membros das bancas examinadoras (qualificação e tese): Professores João Zaleski Neto (UNIVALI), Denise Antunes da Silva (UFSC), Lia Bastos (UFSC) e Vicente Coney Campiteli (UEPG) pelas contribuições e seriedade na avaliação deste trabalho;

Aos colegas do PPGEPP Cassandra Ribeiro de Oliveira e Silva e Maria do Carmo Duarte Freitas pela colaboração no desenvolvimento e avaliação do ambiente;

Aos colegas do DENG/UEPG, Prof. Carlan Seiler Zulian e Elton Cunha Doná pela relevante colaboração junto à disciplina Construção Civil;

À Pedagoga Prof<sup>a</sup> Maria José Bastos Martins do DEMET/UEPG pela facilitação no entendimento da teoria da aprendizagem significativa;

Ao Programador Rogério Florenzano Junior do CPD/UEPG pela construção dos bancos de dados do ambiente;

Aos Eng. Civis Nelson Luiz Madalozzo da construtora UNISUL, Márcio da Volpi Jr Engenharia e Valter Bercini da Yoshi Engenharia pela permissão em coletar imagens e informações em suas obras;

Aos colegas do Departamento de Engenharia Civil da UEPG pelo apoio na realização do doutorado;

Aos colegas de turma (1998/2002) do PPGEPP, em especial a Andréa e a Luciane do Laboratório do Prof. Lezana;

Aos funcionários da Secretaria do PPGEPP/UFSC;

Aos alunos do Curso de Engenharia Civil da UEPG pela participação;

À CAPES pelo apoio financeiro-institucional;

Ao Prof. Mário Urbano Canteri da PROGRAD/UEPG pelo trabalho de revisão;

À minha querida esposa Vânia pelo amor e companheirismo dedicados nesses tantos anos de convívio;

A Deus.

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 - Justificativas	1
1.2 - Hipóteses	2
1.3 - Objetivos	3
1.3.1 - Objetivo geral	3
1.3.2 - Objetivos específicos	3
1.4 - Método utilizado	4
1.5 - Estrutura de trabalho	4
<b>2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA INICIAL</b>	<b>7</b>
2.1 - Reflexões sobre o processo ensino-aprendizagem	7
2.2 - O processo de ensino-aprendizagem na engenharia	10
2.3 - O uso de tecnologia na educação	15
2.4 - Conceitos básicos de aprendizagem a distância	19
2.4.1 - Evolução da interação dos ambientes de aprendizagem	19
2.4.2 - Visão sistemática do EaD e o ambiente de aprendizagem	20
2.4.3 - Características desejáveis dos ambientes de aprendizagem no EaD	21
2.5 - Avaliação didático-pedagógica e ergonômica de ambientes de aprendizagem	26
2.6 - Considerações sobre este capítulo	33
<b>3 - MÉTODO DE PESQUISA</b>	<b>35</b>
3.1 - Projeto pedagógico da disciplina	35
3.2 - Origem do modelo de ambiente de aprendizagem	37
3.3 - Sistematização do método de pesquisa	39
3.4 - Desenvolvimento do modelo	40
3.5 - Coleta de informações em sala de aula	41
3.6 - Coleta de informações em canteiros de obras	42

3.7 - Aplicação do método	43
3.8 - Ensaio sobre aprendizagem significativa	44
3.8.1 - Usando organizadores prévios em hipertextos	51
3.8.2 - Uso de mapas conceituais na aprendizagem significativa	53
3.9 - Considerações sobre este Capítulo	58
<b>4 - UM MODELO DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA</b>	<b>60</b>
4.1 - Canteiro de obras virtual	65
4.2 - Estudo de caso – Aplicação e avaliação da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel	69
4.3 - Avaliação e validação pedagógica e ergonômica do ambiente	79
4.4 - Considerações sobre este Capítulo	82
<b>5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>84</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>93</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES E QUADROS

Tipo	Descrição	Página
Figura 1	Etapas do trabalho	5
Figura 2	Evolução da interatividade no EaD	20
Figura 3	Modelo genérico para o EaD (destaque para os ambientes de aprendizagem)	21
Figura 4	Critérios pedagógicos de Revees	28
Figura 5	Proposta para um modelo integrado de avaliação	32
Figura 6	Estrutura do <i>checklist</i>	33
Figura 7	Fluxograma do método de pesquisa proposto	40
Figura 8	Coleta de informações para o ambiente de aprendizagem	41
Quadro 1	Características das obras pesquisadas	43
Figura 9	Aprendizagem significativa de David Ausubel	45
Figura 10	Os três sistemas da memória humana	49
Figura 11	Hierarquia conceitual para conceitos de execução de alvenaria	52
Figura 12	Relação entre conceitos existentes e desejáveis na aprendizagem	53
Figura 13	Mapa conceitual de assunto mapas conceituais	57
Figura 14	Janela principal do <i>site</i> da disciplina	62
Figura 15	Janela principal da aula de alvenaria	62
Figura 16	Estrutura hierarquizada dos conceitos para execução de alvenaria	63
Figura 17	Janela com tópico em hipertexto da aula de alvenaria	64
Figura 18	Detalhe construtivo de vergas em vãos (janelas)	64
Figura 19	Célula de aprendizagem do canteiro de obras virtual	66
Figura 20	Página inicial do <i>site</i> canteiro de obras virtual	67
Figura 21	Página de apresentação de obra 1	67
Figura 22	Seqüência 1 da opção fundações de obra 1	68
Figura 23	Imagem ampliada e detalhes de serviço	69
Figura 24	Seqüência de procedimentos adotadas na entrevista	70
Figura 25	Mapas das estruturas cognitivas dos alunos do assunto alvenaria	71/72
Quadro 2	Resumo estatístico dos conceitos mais citados nas entrevistas	73
Quadro 3	Resumo dos conceitos mais citados	73
Quadro 4	Resumo da comparação entre a cognição média e a aula	74
Figura 26	Estrutura hierárquica conceitual da aula alvenaria	76
Tipo	Descrição	Página

Quadro 5	Questões do teste de avaliação da aprendizagem	76
Quadro 6	Padrão de resposta esperado na avaliação da aprendizagem	77
Figura 27	Croqui da ligação padrão de pilar com alvenaria	78
Figura 28	Detalhe da preparação da ligação pilar-alvenaria	78
Figura 29	Processo de avaliação do ambiente de aprendizagem	79
Quadro 7	Características e sugestões obtidas na avaliação do ambiente	82

## RESUMO

VARGAS, Carlos Luciano S. **O Canteiro de Obras Virtual** – uma proposta de ambiente de aprendizagem para o ensino de construção civil na internet. 2003. 96p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

Este trabalho trata do desenvolvimento, aplicação e avaliação de um modelo de ambiente de aprendizagem para o ensino de construção civil em cursos de graduação em engenharia civil com a utilização das ferramentas disponíveis na rede mundial de computadores. A proposta de ambiente está fundamentada principalmente na teoria da aprendizagem significativa e é organizado virtualmente para simular um canteiro de obras com o objetivo de servir de apoio à aprendizagem prática dos conteúdos teóricos de uma disciplina da área da construção civil. O ambiente é constituído de informações (textos e imagens) obtidas diretamente de canteiros de obras selecionados. A abordagem do método de pesquisa proposto é basicamente experimental e qualitativo, com vistas ao desenvolvimento, aplicação e avaliação do modelo tendo por objetivo verificar a sua viabilidade como ambiente de aprendizagem.

Palavras-chave: ambiente de aprendizagem, aprendizagem significativa, construção civil, internet.



## **ABSTRACT**

This is the proposal of research for the PPGE/UFSC's thesis as part of the necessary requirements in order to obtain the doctorate degree in Production Engineering.

VARGAS, Carlos Luciano S. **The Virtual Site** – a learning environment proposal to teaching process for civil construction in internet. 2003. 96p. Thesis (Production Engineering Doctorate Degree) – Post-Graduation Program on Production Engineering, UFSC, Florianopolis.

The proposal of this work is about the development, application and evaluation of the learning environment model to the teaching process of the construction in civil engineering degree courses with use of the tools available in the world net of computers. The proposal of this environment is based, mainly, in learning meaning theory and was virtually organized to simulate a construction site with the intention to supply practice learning of the theoretical matter contained in construction area. The environment supplies informations with details (texts and images) about construction obtained in some selected sites. The approach of the research method is experimental and qualitative to the development, use and validation of the model in order to find out the viability as a learning environment.

Key word: learning environment, learning meaning, civil construction, internet.

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

Nesta parte introdutória da tese são mostradas as justificativas para o desenvolvimento da pesquisa, os objetivos a serem atingidos, as hipóteses mais prováveis e uma breve explanação do método utilizado e a estrutura adotada neste trabalho.

### **1.1 - Justificativas**

Uma das principais razões para o desenvolvimento desta tese de doutorado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina é o envolvimento direto de mais de 15 anos do autor com o ambiente educacional na área da engenharia e a preferência em abordar e colaborar no desenvolvimento de novas tecnologias que contribuam para a melhoria dos processos de ensino e aprendizagem em cursos de graduação. O tema escolhido é atual e relevante, em se considerando o grande interesse da comunidade educacional nas novas tecnologias e na adaptação de modelos consolidados para os ambientes mais recentemente criados e disponíveis, tais como internet e computadores.

Embora tenha havido algumas mudanças significativas nos currículos dos cursos de graduação em engenharia, motivadas, principalmente, pela introdução das diretrizes curriculares (em implantação), pela pressão exercida pelo avanço tecnológico, pela disseminação de informações cada vez mais intensas e pela maior disponibilidade de meios de comunicação para uso de professores e alunos, é comum, ainda, deparar-se com processos de ensino e aprendizagem baseados em práticas pedagógicas pouco condizentes com os dias atuais, para não dizer totalmente inadequadas e improdutivas. Nota-se nos meios educacionais, tanto por parte de alunos como dos professores, uma certa resistência à utilização de ferramentas modernas de comunicação, restringindo o contato entre ambos ao momento do encontro presencial na sala de aula. Em geral, a prática corrente é a do professor repassador de conhecimentos para o coletivo de alunos, sem uma maior preocupação com os aspectos individuais da aprendizagem. Não há dúvida que muitos são os exemplos de tentativas de quebrar com esse esquema de acomodação, principalmente por meio de uso de novas tecnologias de comunicação

e educação. E é na marca da esteira desse processo que se pretende trabalhar nesta tese de doutorado.

A contribuição almejada com o presente estudo é o de apresentar um modelo de ambiente de aprendizagem que possa ser útil para professores e alunos no sentido de ampliar o contato deles para além das fronteiras da sala de aula usando um meio de comunicação disponível. Além disso, pretende-se contribuir com a reformulação dos conteúdos da disciplina objeto (construção civil), adaptando-os para a divulgação por meio eletrônico em hipertextos e um maior relacionamento desses conteúdos com a prática profissional nos canteiros de obras.

## **1.2 - Hipóteses**

Em termos de formulação de hipóteses para a tese de doutorado que se apresenta, é proposto que os ambientes de aprendizagem sejam analisados sob a ótica das teorias educacionais mais consolidadas, procurando apresentar e articular situações que sejam operacionalmente viáveis, ou seja, que possam ser efetivamente objeto de comprovação ou refutação.

Preliminarmente, formula-se a hipótese principal como sendo a constatação pela experiência dos cursos de graduação em engenharia civil de que o canteiro de obras é um excelente ambiente para a consolidação da aprendizagem.

Subsidiariamente, percebe-se que o aluno recebe informações dos professores na sala de aula, assim como procura em outras fontes (livros, revistas, catálogos etc.) ampliar seus conhecimentos, faz a verificação dos conceitos teóricos em laboratórios e se possível aplica seus conhecimentos no campo de estágio profissional.

Por outro lado é no canteiro de obras que o aluno de engenharia civil verifica a aplicação dos conceitos e dos métodos construtivos explorados e apresentados na teoria. Os conteúdos das disciplinas de construção civil ou tecnologia de construções são aplicáveis no canteiro de obras, sendo portanto, possível aliar a prática corrente aos conceitos teóricos repassados, ou pelos professores, ou pelas demais fontes de informação e conhecimento.

Constata-se, também, ser cada vez mais complicado do ponto de vista operacional levar o aluno ao canteiro de obras. As turmas são constituídas de

dezenas de alunos (30 a 40 alunos), necessitando de todo um aparato para viabilizar as visitas ao canteiro de obras com o intuito de consolidar a aprendizagem. É necessário pelo menos um professor supervisor para cada dez alunos a fim de se manter o controle das ações durante a visita.

Assim sendo, parece que um canteiro de obras virtual pode possibilitar ao aluno um contato com o que ocorre na prática profissional e com isso consolidar sua aprendizagem.

**Em síntese, a hipótese de trabalho é a efetiva constatação de que o canteiro de obras virtual é um ambiente de aprendizagem que possibilita a melhoria na qualidade do aprendizado e o aumento na quantidade de informações obtidas pelos alunos de graduação em engenharia civil nos assuntos relacionados com a execução de obras.**

### **1.3 - Objetivos**

Na formulação dos objetivos deste trabalho optou-se por estabelecer um objetivo geral que expressasse a real finalidade da pesquisa e quatro objetivos específicos que foram relacionados como consequência do método utilizado.

#### **1.3.1 - Objetivo geral**

Desenvolver e avaliar um modelo de ambiente de aprendizagem para uma disciplina na área da construção civil em curso de graduação em engenharia civil utilizando as ferramentas disponíveis na rede mundial de computadores (internet).

#### **1.3.2 - Objetivos específicos:**

- a) reformular e adaptar os conteúdos da disciplina construção civil para divulgação por meio de hipertextos;
- b) analisar a contribuição dos recursos da internet para o processo ensino-aprendizagem na disciplina construção civil de cursos de graduação em engenharia civil;
- c) comparar os processos de ensino convencionais com os modelos existentes e o adotado de ambiente de aprendizagem a distância;
- d) desenvolver uma página (*site*) na internet para armazenar e divulgar os conteúdos de disciplinas de construção civil em cursos de graduação em

engenharia civil, bem como as informações a respeito de práticas e procedimentos construtivos adotados em canteiros de obras.

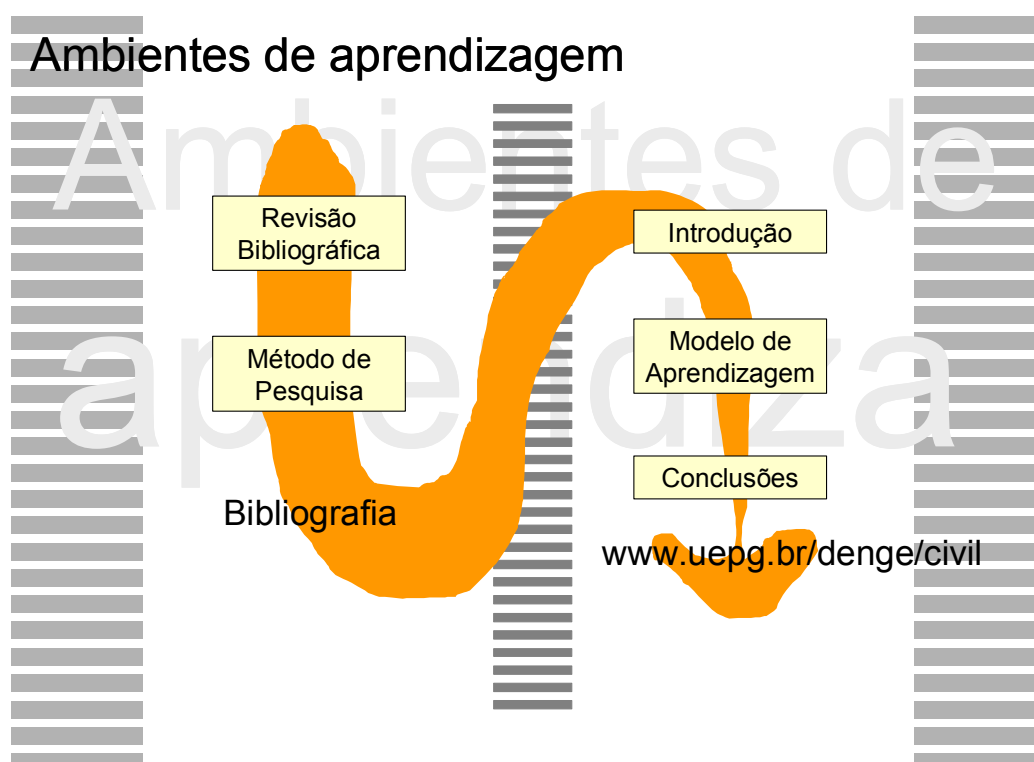
#### 1.4 - Método utilizado

A abordagem do método a ser aplicado no desenvolvimento da tese é experimental e qualitativa (ANDRADE, 1995), sendo os objetos da aplicação: o desenvolvimento de um modelo de ambiente de aprendizagem (ou a adaptação de modelos existentes); a aplicação do modelo de simulação da realidade dos canteiros de obras por meio de um ambiente virtual; a verificação (avaliação e convalidação) do modelo como ambiente de aprendizagem viável para cursos de graduação (MINAYO, 1984 e TRIVIÑOS, 1987).

#### 1.5 - Estrutura de trabalho

A estrutura para a tese segue o que usualmente é feito em trabalhos dessa importância. O trabalho foi organizado em cinco capítulos, a saber: Introdução; Revisão Bibliográfica; Método de Pesquisa; Modelo de Aprendizagem Significativa, além das Referências Bibliográficas.

Na Figura 1, a seguir, são apresentadas as etapas do trabalho levadas a efeito no desenvolvimento do trabalho de pesquisa e de elaboração da tese.



## Figura 1 – Etapas do trabalho

Inicialmente, no capítulo – Introdução – é apresentada uma descrição rápida dos elementos que compõem a tese: justificativas, objetivos, hipóteses, método, estrutura e prováveis resultados.

No capítulo seguinte - Revisão da Bibliografia – são referenciados os trabalhos publicados, principalmente, nos últimos seis anos (1996 – 2001), que tenham procurado abordar os ambientes de aprendizagem virtuais que utilizam, especialmente, a rede mundial de computadores, os processos de ensino-aprendizagem em geral e na engenharia, a teoria da aprendizagem significativa, avaliação de ambientes de aprendizagem virtuais e outros assuntos relacionados. A idéia é obter dos autores mais reconhecidos e outros menos, o embasamento necessário para o método proposto e para o processo de avaliação e convalidação do ambiente canteiro de obras virtual como espaço de aprendizagem para alunos de graduação em engenharia civil.

No terceiro capítulo – Método de Pesquisa – segue a descrição detalhada da sistemática adotada no desenvolvimento do trabalho de pesquisa e o enfoque em ambientes de aprendizagem, mostrando a origem do modelo desenvolvido. Nesta etapa do trabalho foram descritos e justificados os meios utilizados na elaboração do ambiente virtual do canteiro de obras, os programas utilizados na confecção da página na internet, o servidor colocado à disposição e os demais programas usados para concretizar o trabalho. Também, foram detalhados os procedimentos adotados nas visitas aos locais de trabalho, na coleta de material didático, na assistência às aulas da disciplina de construção civil no curso da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Na seqüência, no capítulo 4 – Modelo de Aprendizagem Significativa - são apresentados e justificados os meios de avaliação e convalidação do método utilizado e, mais objetivamente, os resultados em termos do processo ensino-aprendizagem do ambiente desenvolvido e apresentado no capítulo anterior. Nesta etapa, foi utilizada uma sistemática de avaliação e convalidação já conhecida e testada em trabalhos anteriores, não havendo, portanto, a necessidade do desenvolvimento de um método específico para esse fim.

Finalmente, no capítulo 5 – Conclusões – é apresentado o encerramento do trabalho de pesquisa mostrando-se uma contribuição para o processo de ensino-aprendizagem que tenha o enfoque teórico sustentado pela prática (modelo de ambiente desenvolvido e testado). Nesta fase final estão implicitamente sugeridos os encaminhamentos para pesquisas futuras na área de ambientes de aprendizagem para o ensino de construção civil.

Ao final de cada capítulo é feito um breve comentário sobre os assuntos e abordagens tratados no capítulo e uma pequena preparação para o capítulo seguinte, de forma a dar um corpo único à tese e prepará-la para as conclusões finais.

Nos capítulos 2 e 3 foi utilizado o máximo possível de meios de visualização, tais como quadros, figuras e fotos que procurassem demonstrar o trabalho realizado, de modo a contribuir para embasar a teoria levantada e aplicada.

## **CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 - Reflexões sobre o processo ensino-aprendizagem**

Para MASSETTO (1998) o ensino superior brasileiro evoluiu significativamente nos últimos anos do século passado. Entretanto, ainda hoje, imperam as estruturas curriculares voltadas à formação profissional e ao atendimento do mercado de trabalho. Os professores com alguma qualificação (mestrado ou doutorado) são oriundos do próprio mercado por serem considerados conhecedores dos conteúdos, ou seja, sabem fazer e por conseqüência deverão também saber ensinar a fazer. Os métodos de ensino, na maioria das vezes, são baseados na transmissão oral de conhecimentos e atividades práticas, tendo o professor como principal elemento do processo para um número cada vez maior de alunos atuando como meros receptores do tal conhecimento.

Segundo MASSETTO (1998), para entender bem o processo ensino-aprendizagem é necessário fazer a clara distinção entre os dois processos que se integram e se complementam. O ensino é a instrução, é o saber fazer, mostrar, guiar e orientar. São as ações básicas do professor que figura como o principal responsável pelo ensino. Já a aprendizagem trata da busca de informações, da experiência pessoal, da mudança de atitudes e da descoberta. É o processo centrado no aluno que aparece como principal responsável pela sua aprendizagem. A ênfase em um ou no outro define o modelo de integração e complementação. Na maioria das vezes, como já foi destacada, a ênfase é dada ao processo de ensino, resultando em modelo de ensino-aprendizagem programático excessivamente voltado em professores qualificados profissionalmente, sem formação didático-pedagógica, em aulas expositivas e práticas, em avaliações de simples averiguação (ver o que foi assimilado pelos alunos) e, raro, na exigência para que os alunos realizem pesquisas bibliográficas.

DEMO (1999) em seu estudo sobre aprendizagem permanente no contexto da formação do profissional do futuro condena a forma com que ainda se trabalha nas escolas e universidades, onde, segundo ele, impera o instrucionismo, ou seja, uma aula após a outra sem que haja maior compromisso com a aprendizagem. O aluno recebe uma avalanche de informações de segunda mão repassadas pelo professor, não havendo estímulo ou motivação para a construção do conhecimento



por meios próprios sob a orientação desse professor. Mesmo com os avanços em termos de novas tecnologias na área da educação, o que vem ocorrendo é uma simples reprodução do modelo tradicional de ensino com a utilização de recursos de informática e de comunicação. Para o autor, o grande desafio é o manejo adequado da presença virtual, considerada por ele como sendo uma outra dimensão do real, situação na qual é perfeitamente possível acontecer a aprendizagem.

Nesse sentido, AUSUBEL (1963 e 1978) enfatiza a necessidade de uma aprendizagem significativa como sendo fundamental para o crescimento e desenvolvimento das pessoas, seja por recepção ou por descoberta, mas em oposição ao aprendizado mecânico, de repetição e meramente decorativo. Na aprendizagem significativa os conceitos são relacionados materialmente, ou seja, fundamentam-se de maneira não-arbitrária naquilo que o aluno já conhece. O aprendiz parte de algo conhecido e vai construindo seu conhecimento com o que é significativo para ele, de forma diferente de outro aluno, que por sua vez também vê outro significado no mesmo material.

Na teoria de Ausubel a aprendizagem significativa ocorre quando o que se aprende tem relação com o universo do conhecimento, experiências e vivências do aprendiz. Quando, também, seus questionamentos e interesses permitam que ele experimente o conhecimento anterior com problemas práticos que lhe são particularmente relevantes e provoquem nele mudança de atitude e de comportamento que serão levados para sua vida profissional ao sair da universidade.

Ainda, AUSUBEL (1963 e 1978) alerta para o cuidado que se deve ter para que a aprendizagem significativa não fique essencialmente acadêmica, ou seja, importante para resolver os problemas na fase de formação em separado de uma aprendizagem mais consolidada que também habilite o aprendiz a resolver os problemas lá na frente, no mercado de trabalho e na vida como um todo.

Na sua teoria, AUSUBEL *et al.* (1980) afirma que o aluno (aprendiz) desenvolve sua aprendizagem a partir de algo conhecido previamente e o novo conhecimento se faz por meio de uma ponte, chamada por ele de organizadores prévios, ou seja, ele propõe que antes de apresentar um novo conteúdo (material) para o aluno, seja colocada uma série de enunciados, conceitos e/ou introduções de forma a estruturar e orientar a aprendizagem.

JONASSEN (1996) assegura que simplesmente utilizar recursos tecnológicos numa estrutura ultrapassada de ensinar e aprender pouco contribui para a formação de cidadãos criativos e empreendedores. Por outro lado, se o uso de tecnologia propiciar inovações relevantes para a aprendizagem fazendo com que alunos e professores interajam para a resolução de problemas em projetos significativos, haverá a obtenção de resultados afinados com o interesse social. Em vista disso, é preciso que o professor seja íntimo conhecedor dos processos de ensino-aprendizagem para que possa projetar os novos ambientes dotando-os de elementos facilitadores dessa interação.

Para MASETTO (1998) a ênfase na aprendizagem ocorre em vários níveis do processo educacional, vindo dos patamares mais altos, como por exemplo na definição do currículo, até questões meramente executivas em sala de aula. O currículo deve ser organizado de forma aberta e flexível para receber atualizações e modificações e que permita a interdisciplinaridade, entre outros pontos. Outra questão independentemente variável na ênfase para a aprendizagem é a contratação e qualificação dos professores, devendo-se buscar no mercado profissionais que tivessem habilidades didático-pedagógicas ou que estivessem dispostos a qualificar-se e a conhecer o processo da aprendizagem.

Já para os ambientes de aprendizagem propriamente ditos e devidamente integrados às questões macroeducacionais, MASETTO (1998) defende que o relacionamento entre os participantes do processo (professor e aluno) seja uma atuação com espírito de equipe, de co-responsabilidade, parceria, diálogo e respeito mútuo. A ação do professor deve deixar de ser vertical e impositiva e passa a ser de construção de conjunto de conhecimentos com o aluno e que sejam significativos para este. A sala de aula muda de arranjo físico constantemente, evitando-se o convencional – carteiras em fila e mesa do professor na frente – e as aulas podem ocorrer em qualquer ambiente motivador. Os objetivos deixam de ser impostos e passam a ser construídos e planejados em conjunto e negociados os prazos, as metas, o processo de avaliação e o acompanhamento.

MASETTO (1998) preconizava, ainda, a introdução de técnicas participativas no ambiente de aprendizagem, a fim de reduzir em quantidade as aulas expositivas nas quais o professor é o centro de tudo e a atuação do aluno é de passividade perante a exposição de conteúdos. A idéia na aprendizagem significativa é de

participação, de construção conjunta e, para tanto, existe a necessidade de serem traçadas estratégias facilitadoras da aprendizagem participativa, tais como: debates, seminários, visitas técnicas, estágios, pesquisas, tempestade cerebral etc. Cada técnica é aplicada em coerência com os objetivos da atividade (unidade, aula).

Para MASETTO (1998) o último ponto a ser considerado, mas não menos importante, é o da avaliação do aprendizado. A contagem de acertos numa prova bimestral não mede o que o aluno aprendeu nos dois meses de aulas, mas tão somente o que não aprendeu e que por acaso constou na prova. A avaliação na aprendizagem significativa deve ser coerente com os objetivos, contínua e reveladora. Deve proporcionar a oportunidade de reconhecimento do fracasso e de crescimento com os erros. O processo de avaliação tem de subsidiar a revisão constante dos objetivos, dos conteúdos e métodos da disciplina, e não somente a capacidade de aprendizado do aluno.

SOARES (1999) atribui aos educadores a responsabilidade pelo desenvolvimento de competências e condutas no gerenciamento e aplicação das informações no sentido de torná-las relevantes para a sociedade e considera o professor como sendo o programador das técnicas e ferramentas da informática em recursos da educação com o objetivo de auxiliar o aluno a construir relações associadas aos conceitos que estão sendo apresentados. O desafio é descobrir a forma com que a programação leve o ambiente de aprendizagem – no caso ambiente virtual – a contribuir para a construção de relações e não apenas ao repasse de informações.

## **2.2 - O processo de ensino-aprendizagem na engenharia**

Nas suas considerações acerca dos métodos de estudo para aprendizes de cursos superiores, BAZZO e PEREIRA (2000), com base nas pesquisas de outros autores (Alaisa, Ambrosio, Congrains, 1977; Cervo e Bervian, 1996; Lakatos e Markoni, 1991; Morgan e Deese, 1983; Northedge, 1998 e Ruiz, 1996), estudar é algo que precisa ser aprendido e exige uma nova postura do indivíduo, que de aluno a certo modo passivo do ensino médio precisa passar a ser um estudante com iniciativa para o estudo no curso superior. Assim esses autores citam algumas condições básicas para que possa ocorrer um melhor e mais sólido aprendizado e entre elas pode-se citar: dedicação exclusiva (tempo dedicado ao estudo), postura

crítica coerente (preparação psicológica para entabular perguntas e participar de discussões) e racionalização do tempo (estudo x lazer). Além dessas condições preliminares, BAZZO e PEREIRA (2000) afirmam que um curso de engenharia tem por objetivo, dentre outros, estimular a criatividade do indivíduo, repassar as ferramentas necessárias para que possa enfrentar os desafios da profissão e fazer com que o futuro profissional tenha uma postura crítica e consciente para com a sociedade. Portanto, os autores concordam que para o melhor aproveitamento desse tempo de preparação do profissional é necessário otimizar os procedimentos rotineiros de trabalho. Essa otimização pode ser conseguida nas seguintes etapas do método de estudo: preparação, captação e processamento. Nas fases de preparação e processamento estão envolvidos os aspectos relacionados com os ambientes de estudo, com o comportamento do aprendiz e com as atitudes adequadas para a aprendizagem.

Segundo BAZZO e PEREIRA (2000) é na fase de captação que ocorre a maior interação com os demais atores do processo de ensino-aprendizagem, geralmente na sala de aula ou por meio de leituras, recursos audiovisuais, observação de experimentos e visitas em obras, indústrias e laboratórios. O tempo na sala de aula é o momento para se aproveitar ao máximo da participação ativa, da atenção centrada no encadeamento dos assuntos tratados, do esclarecimento de dúvidas tão logo elas apareçam e do melhor aproveitamento das orientações e explicações de alguém mais experiente e entendido no assunto. Uma postura adequada e coerente por parte dos estudantes, bastante natural, é indagar-se antecipadamente sobre o que já sabe sobre o assunto ou o que precisa conhecer antes de trabalhar determinado tópico e quais os significados práticos da teoria tratada na sala.

Para BAZZO e PEREIRA (2000) o tempo passado na sala de aula, muitas vezes obrigatório, deve ser aproveitado para captar e processar as informações de forma ativa e participativa. No entanto, entendem não ser suficiente no processo de aprendizagem, devendo haver a complementação por meio de uma dedicação extra-classe, seja por meio da revisão das informações passadas na sala, leituras indicadas, ou discussões com colegas e com o professor fora da sala de aula. O estudo extra-classe deve ser planejado de acordo com o grau de envolvimento do estudante com os assuntos tratados.

Ainda segundo BAZZO e PEREIRA (2000), não há dúvida de que um ótimo meio de captação de informações é a leitura de textos técnicos indicados ou pesquisados pelo estudante, usando para isso técnicas de leitura adequadas para um melhor aproveitamento do tempo. Os autores recomendam também as seguintes formas de captação e processamento de informações e aprendizagem: aulas de laboratório para se aplicar a teoria por meio de experimentos, manusear os instrumentos de medição e avaliação, desenvolver o espírito crítico na interpretação dos resultados, elaborar relatórios e tirar conclusões, desenvolver a capacidade criativa, conhecer e aplicar normas técnicas e desenvolver trabalhos em grupos. Os estágios também são importantes no processo de captação, pois permitem um contato com o campo profissional, ainda na fase de formação. Recomendam, ainda, os trabalhos escolares como recurso didático eficaz, pois desperta no estudante para o uso do método, além de propiciar oportunidade para a pesquisa bibliográfica, observação de fenômenos e reflexão.

SACADURA (1999), com base em estudos que envolvem pesquisa histórica, mercado de trabalho e expectativas da sociedade, lista três exigências básicas na formação do engenheiro no limiar do terceiro milênio. A primeira delas, óbvia, alerta para a necessidade do engenheiro ser possuidor de sólidos conhecimentos científicos e tecnológicos e embora de certa forma contraditórias cada vez mais se exige uma formação técnica generalista a longo prazo e especializada no curto prazo, para atender as necessidades imediatas do mercado de trabalho, atualmente excessivamente volátil em tecnologia. Na segunda exigência, o autor propõe que os estudantes de engenharia sejam treinados para uma maior percepção da realidade, por meio da observação e do uso dos mecanismos sensoriais naturais para se contrapor ao mascaramento da realidade que ocorre com a penetração cada vez maior dos meios virtuais de difusão de informações, presente na vida dos jovens de hoje desde a tenra idade. Na terceira exigência, os engenheiros devem ser capazes de construir modelos representativos dos problemas reais de modo a expor e comunicar a melhor forma para se resolver a situação de maneira a reduzir os impactos perante a sociedade das soluções adotadas.

BERMUDEZ (1999) constata que a falta de uma política para o ensino tecnológico (ensino de engenharia) vem gerando, entre outras distorções, um aumento indiscriminado da carga horária total dos cursos de graduação de

engenharia pela simples inclusão de disciplinas que procuram contemplar as inovações tecnológicas. Para o autor, uma política adequada deve propiciar a formação de profissionais capazes, não só de acompanhar os rápidos avanços tecnológicos, mas também de gerar inovações tecnológicas e para que isso ocorra é necessário haver uma maior interação entre os níveis de ensino (fundamental, médio, superior e pós-graduação), setor produtivo e sociedade, de modo a possibilitar uma preparação dos jovens desde cedo para encarar os desafios da formação tecnológica em consonância com as necessidades de rápidas mudanças impostas pelo setor produtivo e as questões de ordem cultural da sociedade, que muitas vezes necessitam de mais tempo, perseverança e planejamento para serem implementadas.

Em síntese, para BERMUDEZ (1999) é necessário sintonizar as estratégias de curto prazo com os objetivos de mais longo alcance, como por exemplo: projeto pedagógico, interação com o ensino fundamental, reciclagem de professores, readequação dos ambientes de aprendizagem (equipamentos e materiais didáticos), sistemas de avaliação, valorização das carreiras tecnológicas, pós-graduação e educação continuada, interação com setor produtivo e sociedade etc.

BAZZO (1998) concorda que é inócua a tentativa de se acompanhar os avanços tecnológicos por meio do aumento de conteúdos, criação de disciplinas e de carga horária dos cursos de graduação em engenharia. Uma solução mais ampla e perene não é tão simples assim, como tem procurado demonstrar o autor nos seus trabalhos publicados anteriormente. Para esse autor, é preciso que ocorra uma mudança cultural epistemológica na forma como o conhecimento é trabalhado na área da educação tecnológica, aliando-se a ela um novo processo de formação de professores comprometido com uma abordagem em ciência, tecnologia e sociedade.

Já SALLUM (1999) alerta para o erro em se atrelar demais os currículos dos cursos de engenharia aos anseios momentâneos do mercado de trabalho aos modismos na área da administração dos recursos humanos em detrimento da formação básica científica sólida dos engenheiros. Embora a autora concorde ser absolutamente normal que ocorram mal-entendidos e dificuldades na elaboração de propostas curriculares é importante considerar os conteúdos nos diversos campos de conhecimento, reconhecer as vocações das escolas e estabelecer uma base pedagógica coerente e adequada para a relação ensino-aprendizagem. Tudo isso,

no entender da autora, em atenção ao rápido desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

Da mesma forma, SOUZA (1999) pensa que a formação profissional não deve ater-se apenas ao atendimento de efêmeras e cíclicas conjunturas econômicas e entende que a sala de aula deve ser o espaço da aprendizagem mas não o único e que deve ser compartilhado com outros ambientes igualmente interessantes para um melhor aproveitamento do tempo dedicado na formação.

PRATA (1999), ao comentar a atuação do engenheiro professor, constata que o ensino tradicional de engenharia vem sistematicamente sendo sobrecarregado com o crescimento do volume de novos conhecimentos, obrigando os professores a pleitear cargas horárias também cada vez mais dilatadas para se tentar repassar essas informações aos seus alunos. Entre outras coisas já mencionadas aqui, isso faz com que o aluno tenha cada vez menos tempo para exercitar e usufruir de sua liberdade para desenvolver seu aprendizado. Não raro, a falta de liberdade na fase de aprendizagem leva à formação de profissionais sem iniciativa, pouco criativo e desmotivado. Portanto, é preciso privilegiar no ensino de engenharia ambientes nos quais o professor atue como orientador do processo (agente motivador), estimulando o estudante para que ele evolua por si próprio.

Pelo lado da aprendizagem, PRATA (1999) entende que esta deva ser uma experiência individual, estimulada e favorecida pelo ambiente, cabendo ao professor inicialmente explorar o que deve ser essencialmente aprendido, dosando conteúdos clássicos com assuntos de ponta (ANGOTTI, 1999) e deixando para o estudante desenvolver, por si só, os conteúdos complementares.

### **2.3 - O uso de tecnologia na educação**

O processo de ensino-aprendizagem na área da engenharia ainda está fortemente baseado nos modelos tradicionais de educação. Isto vem trazendo sérios problemas para a formação dos profissionais. São necessárias mudanças nos processos de aprendizagem, de modo que os educadores e os educandos se apropriem das novas tecnologias criadas e consolidadas para a transmissão/recepção de conhecimentos. Para CANDAU (1989), o predomínio dos métodos expositivos inibe o pensamento divergente, a crítica, a criatividade e quaisquer outras formas de manifestação espontânea por parte dos educandos.

Entre as questões pertinentes em relação à educação e ao uso de computadores nas escolas, PERES E NOTTINGHAN (1998) apontam, que mesmo nos países desenvolvidos nos quais já há o uso disseminado de tecnologia na educação, ainda se discute como promover mudanças na educação. Não basta colocar os computadores e a *internet* nas salas de aula e continuar a pensar da mesma maneira. Os educadores precisam discutir como planejar para que a implantação da tecnologia venha a ter efeitos positivos e verdadeiros, sem desprezar a formação dos professores e as necessidades dos estudantes.

Segundo CLUNIE e SOUZA (1994), dentre as novas tecnologias de informação, as chamadas *hipertecnologias*, o hipertexto figura como uma alternativa viável para mudar para melhor o processo de ensino e com isso garantir maior qualidade na formação de profissionais. As *hipertecnologias* têm potencial para ajudar sobremaneira a capacitação das pessoas para melhor reproduzir, acessar, recuperar, verificar, preparar e manipular as informações.

Conforme MACHADO (1997), a principal finalidade das tecnologias de multimídia é proporcionar maior eficácia na armazenagem, acesso, elaboração, recuperação e reprodução das informações. A característica de *multimeios* garante a integração de informações nas suas mais variadas formas, como por exemplo: textos, gráficos, áudios, vídeos e animações. Embora já fosse possível por outros meios levar informações para além da sala de aula, atualmente com a *Internet*, ficou muito facilitado extrapolar esses limites, fazendo com que o conhecimento pudesse ser veiculado entre as pessoas, sem se importar com a distância que as separam. O avanço da tecnologia nesse campo tem trazido enormes benefícios para a área da educação.

MARTINEZ (1997) chama a atenção para os custos crescentes, para a diminuição dos investimentos públicos e para o aumento da demanda na área da educação superior. Apregoa a necessidade cada vez maior de sistemas educacionais produtivos e que um dos elementos chaves para alcançar esses requisitos é o incremento da carga de instrução. Por outro lado, a demanda por professores devidamente capacitados está longe de ser atingida. Portanto, uma das saídas é o desenvolvimento de recursos instrucionais que não retenham o aluno e o professor na sala de aula e que reduzam significativamente o número de horas-aula



necessárias para repassar os conteúdos, e conseqüentemente reduzam também a carga horária total dos cursos de graduação, sem prejuízo à qualidade do ensino.

MIDORO (1993) atesta que o computador permitiu que diferentes formas de informação fossem trabalhadas com a mesma facilidade. Com isso ficaram disponíveis novos ambientes de ensino-aprendizagem, que certamente melhoram o relacionamento entre professores e estudantes.

CAMPOS (1994) afirma que a hipermídia coloca à disposição dos alunos a possibilidade de desenvolver habilidades necessárias para vencer os desafios da sociedade do futuro.

MARTINEZ (1997) cita os estudos de diferentes autores (Chen-Lin, Kulik e Kulik, 1991; Sawyer, 1992; Jones e Stanley, 1992), que têm demonstrado que os estudantes apoiados por uma instrução mediada com tecnologia necessitam de um terço a menos de tempo de instrução em comparação com os métodos tradicionais. Os estudantes universitários que usaram tecnologia, além de aprenderem mais rápido, obtiveram as melhores colocações no mercado de trabalho em comparação com seus colegas que estudaram sem o apoio de tecnologia de informação.

Ainda, segundo MACHADO (1997), os aplicativos computacionais com hipermídia motivam os usuários no aprendizado do conteúdo da disciplina de maneira agradável, aproveitando os recursos notáveis da multimídia e o fascínio que os microcomputadores exercem, principalmente sobre os jovens universitários.

SANTOS (1997) apregoa a adoção do mais alto espírito crítico ao se trabalhar com hipertextos. Para ele, o hipertexto se desenvolve na fronteira entre o concreto e o virtual. O hipertexto concretiza o virtual e *virtualiza* o real. A exemplo do que sempre ocorreu, com a fala primeiramente e depois com a escrita, o hipertexto não se desenrola apenas linearmente como num pergaminho. Ele tem potencial para trabalhar em múltiplas dimensões, resgatando a *espacialidade* e a movimentação que as palavras sempre tiveram em latência.

MORGADO (1998) em análise dos enfoques dados por diversos autores propõe refletir se o hipertexto é apenas mais uma tecnologia em uso nos processos de ensino-aprendizagem, um outro modo de acesso à informação e ao conhecimento ou se existem de fato vantagens reais em termos de aprendizagem. Segundo esta autora existe ainda um debate em torno dessa questão,

principalmente no que diz respeito aos enfoques, seja mais para o lado educacional ou para a perspectiva tecnológica; mas há uma concordância de que o hipertexto possibilita a criação de ambientes de aprendizagem onde o usuário pode aprender de forma mais autônoma, experimentando estratégias individuais de aprendizagem e ficando responsável pelo seu próprio processo de aprendizagem.

MORGADO (1998) sustenta, ainda, a necessidade de se aprofundar a origem do tipo de processo de ensino-aprendizagem em função das especificidades e problemas a sua utilização, tendo em vista existir sérias controvérsias nesse campo com alguns autores considerando o hipertexto um sistema de aprendizagem e outros definindo o hipertexto como sistema de ensino. Ao definir o hipertexto como sistema mais voltado para a aprendizagem pode-se ainda diferenciar em ambientes de aprendizagem por descoberta, aprendizagem associativa ou de exploração.

Levando para um contexto mais amplo, LEZANA (1999) concorda com vários outros pesquisadores das áreas educacionais e do uso de novas tecnologias na educação (Assis – 1994, Bates – 1997, Bittencourt – 1999, Bringhenti, 1993, Carvalho – 1994, Castro – 1999, Jansen – 1993, Machado – 1994, Moore e Kearsley – 1996, Pereira e Bazzo – 1997) que o maior desafio para o ensino tecnológico é a participação de todos os segmentos envolvidos no processo, seja pelo lado da demanda de profissionais bem formados e atualizados por parte das empresas ou pelo lado das instituições formadoras e capacitadoras de profissionais. As empresas, além de promoverem a renovação nos processos produtivos e nos equipamentos, deverão associar-se com instituições ou centros de pesquisa que possam garantir o acesso aos recursos tecnológicos necessários à atualização dos profissionais já atuantes no mercado de trabalho. LEZANA (1999) propõe que as empresas mantenham um quadro mínimo de profissionais que tenham intimidade com as novas tecnologias educacionais de modo a poder opinar acerca da melhor forma de repassar os conteúdos de seu interesse. Já as instituições responsáveis pela formação necessitarão incorporar as tecnologias para atender em larga escala, criar e manter equipes multidisciplinares habilitadas no uso das novas tecnologias e promover a adequação das estruturas organizacionais para atender todas essas variações. Em qualquer situação é recomendável, seja nas empresas como nas instituições, manter uma equipe mínima altamente capacitada para dar suporte e ao mesmo tempo absorver as tecnologias que porventura vierem a surgir.

LEZANA (1999) ressalta que é muito importante incorporar as novas tecnologias nos processos tradicionais de ensino-aprendizagem e não apenas nos ambientes destinados ao ensino a distância, lembrando sempre que, o uso de tecnologias desde o início do curso pelo aluno faz com que ele fique familiarizado com as ferramentas que irá encontrar no mercado de trabalho. Para isso, este autor sustenta que o suporte ao novo professor deve ser prestado por uma equipe constituída de pedagogos, comunicadores, psicólogos, técnicos em *design*, entre outros. O professor deve manter-se atualizado nas questões que envolvem a profissão, os avanços no seu campo de conhecimento e as demandas do mercado de trabalho, ao mesmo tempo em que precisa incorporar as novas tecnologias da área educacional. A maior dificuldade, no entender de LEZANA (1999) ainda diz respeito à estrutura universitária, pois, além da legislação brasileira ser recente e omissa pela falta de regulamentação, há muita reação contrária aos programas de educação de maior alcance.

#### **2.4 - Conceitos básicos de aprendizagem a distância**

Adaptando as definições correntes de ensino a distância – EaD - para o enfoque na aprendizagem, pode-se dizer que a aprendizagem a distância é aquela que ocorre quando professores e alunos se encontram em lugares distintos ou separados pelo tempo e algumas vezes nas duas condições (MOORE e KEARSLEY, 1996). Segundo esses autores, ao se considerar o distanciamento entre os atores do processo de ensino-aprendizagem será necessário encontrar maneiras próprias para se administrar o aprendizado. Assim como em qualquer processo educacional, nos cursos de EaD é importante antever o ambiente onde ocorrerá o aprendizado, a interação, o uso da tecnologia (mídia) e a avaliação do aprendizado.

Para o objetivo desta tese adota-se a definição colocada por MOORE e KEARSLEY (1996) que considera EaD como sendo o aprendizado planejado, que normalmente ocorre em local diferente do ato de ensinar e que por isso requer certa especialidade nas técnicas de elaboração do conteúdo, nas técnicas instrucionais, nos métodos de comunicação, na organização e nas estratégias administrativas.

### 2.4.1 - Evolução da interação dos ambientes de aprendizagem

A aprendizagem nos cursos de EaD de primeira geração, em geral, ocorria em ambientes isolados. Os alunos impossibilitados de freqüentar um curso presencialmente recebiam em casa ou no trabalho, o material impresso com o conteúdo do curso. Na medida em que a tecnologia foi transformando a realidade dos cursos de EaD as possibilidades de interação foram aumentando significativamente. Nos cursos de segunda geração, nos quais já aparecia o rádio e a televisão como mídia, a interação ainda era bastante deficitária. A interação mais próxima do sistema educacional presencial somente ocorreu com as mídias de terceira geração, como por exemplo: videoconferência e Internet. No gráfico apresentado na Figura 2 é mostrada a evolução fictícia da interatividade ao longo das gerações do EaD.

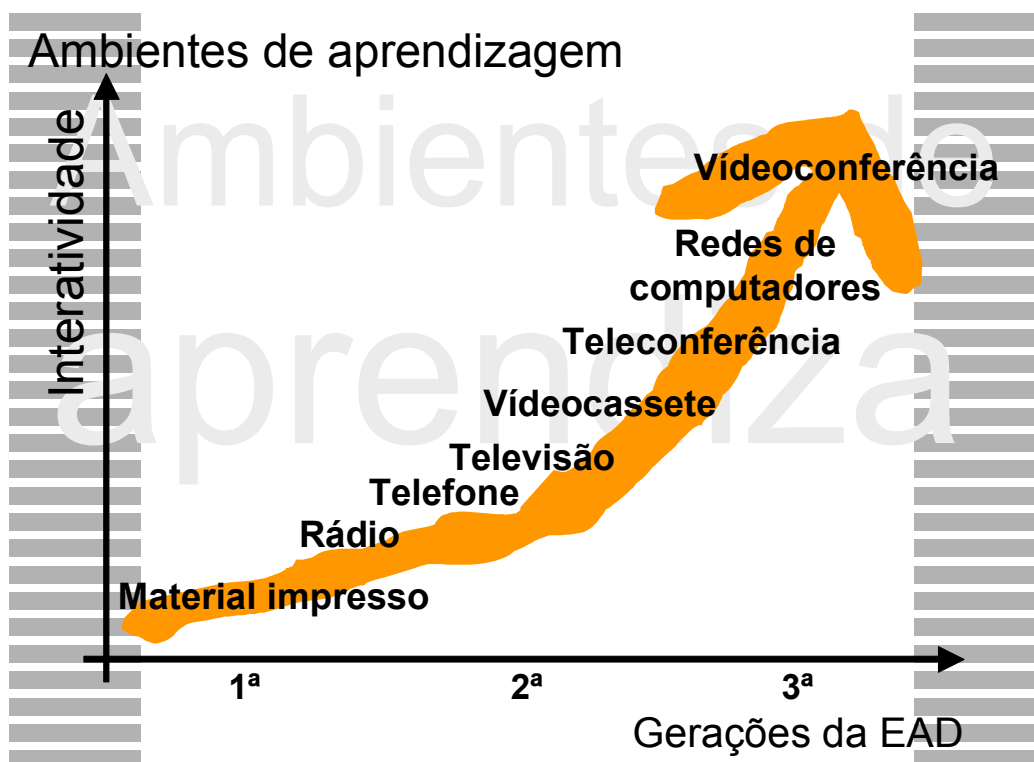


Figura 2 - Evolução da interatividade no EaD

### 2.4.2 - Visão sistemática do EaD e o ambiente de aprendizagem

De acordo com BATES (1997) é necessário adotar um enfoque sistemático em relação ao processo educacional. Para ele, a instituição precisa definir que equilíbrio deverá haver entre o ensino presencial (*face-to-face*) e o baseado em tecnologia. Outra questão diz respeito à missão da instituição, se ela se estende

num âmbito local, regional, nacional ou internacional. Certos papéis, por exemplo, precisarão ser redefinidos no caso de universidades regionais onde a clientela em potencial pode ter acesso a cursos melhor estruturados em outros locais. Nesse aspecto é importante ver como os ambientes de aprendizagem propostos no sistema educacional da instituição podem ser o ponto para o favorecimento ou não da aprendizagem. BATES (1997) propõe o envolvimento de toda a instituição (professores, alunos, pessoal técnico-administrativo e diretores) no processo de implementação de tecnologia na educação, seja ela para o ensino a distância ou para o presencial.

Sem uma visão sistemática o ensino, que antes era face-a-face, passa a utilizar maior ingrediente de aparatos tecnológicos, sem mudar as formas com que a educação é organizada (MOORE e KEARSLEY, 1996). O modelo apresentado a seguir, na Figura 3, mostra os componentes de um sistema educacional genérico para EaD. O modelo simula um processo a partir do qual são repassados os conteúdos oriundos de uma fonte e elaborados para serem encaminhados, segundo uma ou mais mídias, específica a maneira da interatividade e o ambiente da aprendizagem. Os autores alertam para outros subsistemas que devem fazer parte das estruturas responsáveis pela gestão de todas as necessidades dos professores, alunos e coordenadores.

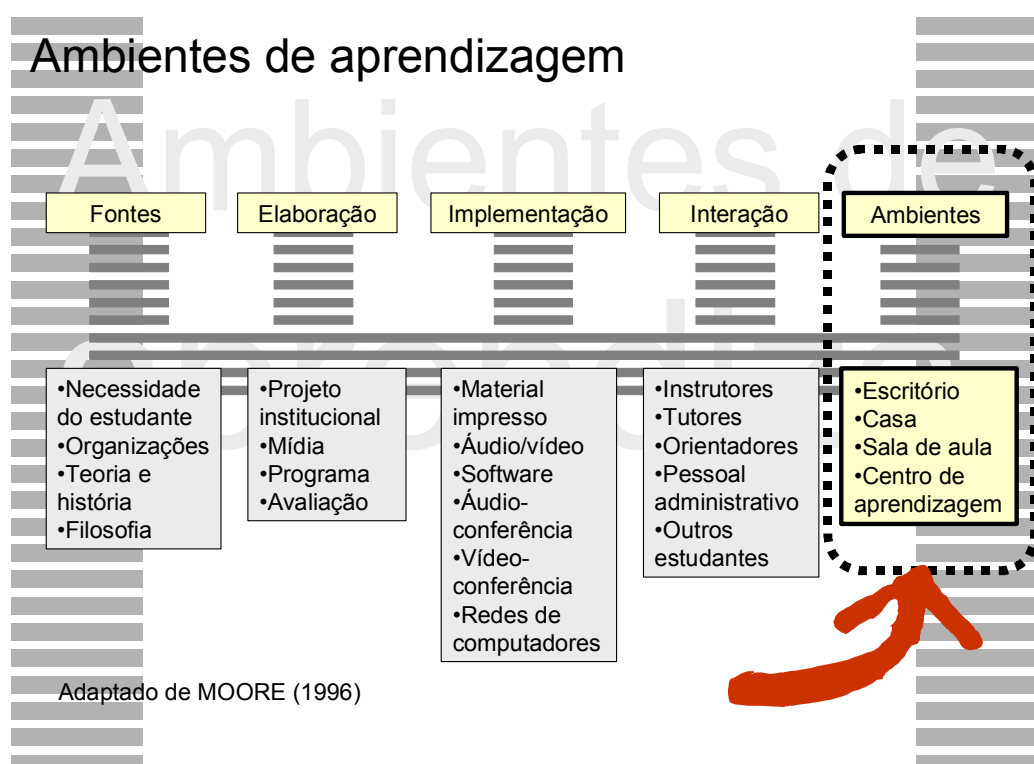


Figura 3 - Modelo genérico para o EaD (destaque para os ambientes de aprendizagem)

### **2.4.3 - Características desejáveis dos ambientes de aprendizagem no EAD**

Segundo MOORE e KEARSLEY (1996), uma grande atenção deve ser dada ao ambiente de aprendizagem. Na prática, o processo de aprendizagem pode ocorrer em qualquer lugar ou horário, até nos mais inóspitos. É claro que o aprendizado será prejudicado na medida em que ocorrerem interrupções e distrações, mas é possível apreender conhecimentos em ambientes diversos. A recomendação dos orientadores de estudo de cursos formais de EaD é de que o ambiente seja escolhido pelo aluno, considerando as possibilidades de conforto disponíveis. O local e o horário mais adequados podem depender de uma série de eventos, seja na hora mais tranquila, ou na que possa permitir a interação com outros colegas ou professores. Para os autores a aprendizagem pode sofrer influência de outros fatores ligados ou não ao processo descrito anteriormente. O sucesso de um curso de EaD é função do conteúdo, da mídia, da forma de avaliação, do meio de interação e de outros fatores de ordem técnico-administrativa. No entanto, o ambiente de aprendizagem assume um papel importante, pois pode fugir ao estrito controle dos organizadores do curso. No caso de um curso de EaD onde o meio é a videoconferência existe um maior controle pois os alunos devem se reunir em determinado local e horário pré-estabelecidos. Dessa forma, muito semelhante ao ensino presencial em que se pode exercer um controle da participação e da presença. Mas mesmo assim, um aparato tecnológico é necessário para garantir a interação nessa sala de aula diferenciada. Precisa haver um controle das câmeras de forma que todas as interações sejam percebidas por todos. Na medida em que a mídia utilizada é mais liberal, seja em relação ao local como ao horário, o controle vai ficando mais dificultado. Quando a mídia é a internet, por exemplo, o aluno tem a liberdade de entrar (conectar-se) a qualquer hora de qualquer local (casa ou trabalho) e a interação com colegas e professores é feita, em geral, com o correio eletrônico ou a transferência de arquivos. O controle da participação dependerá de outros elementos como softwares apropriados que verificam quando e como o aluno entrou em conexão.

Um ambiente que favoreça a aprendizagem deve ter garantidas todas as possibilidades de interação, além de espaço para a reflexão, para a abstração, para

a discussão etc. Segundo BATES (1997), parece que algumas formas de tecnologia são mais facilmente adequadas a certas técnicas de ensino e aprendizagem, sendo que até o momento não existe uma super tecnologia que possa atender a todas as necessidades do processo de ensino/aprendizagem. Em alguns casos chega-se muito perto da perfeição com o uso de diversas tecnologias combinadas.

Embora possa ser discutível, a vídeoconferência é a mídia que mais se assemelha ao ambiente de uma sala de aula e que, portanto, pode levar ao maior favorecimento do processo educacional. Outras mídias de tipologia mais liberal em relação a tempo e espaço, como, por exemplo, aquelas que permitam aprendizagem colaborativa, podem viabilizar uma maior participação (às vezes até obrigatória) dos alunos e outras podem se assemelhar a verdadeiros seminários em sala de aula.

VISSER (1997) sugere considerar, *a priori* do estabelecimento do ambiente de aprendizagem, a amplitude e a imprevisibilidade do aprendizado. Para isso esse autor busca apoio em diversos outros autores (Greeno, Collis, Resnick, Bandura, Jonassen, Mayes, McAleese, Stenberg, Detterman, Wagner, Gardner, Burnett etc.). Esses autores concordam com que muito do que é planejado ou mesmo do que deixa de ser considerado nas fases de projeto e implementação dos cursos em relação ao ambiente de aprendizagem é desconsiderado pelos alunos, ou seja, quem decide pelo ambiente é o próprio aluno.

Em HARASIM (1989) já se podia perceber as perspectivas dos ambientes educacionais *on-line* para a aprendizagem colaborativa. Ela encaminhou uma avaliação da participação dos alunos no processo de construção do conhecimento de forma colaborativa usando ambiente apoiado por redes de computadores. Ela concluiu afirmando que o ambiente *on-line* é mais do que uma tecnologia de encaminhamento de conteúdos pois permite uma grande interação, considerando a frequência, a efetividade e a qualidade dessas interações.

COLLIS e REMMERS (1997) apresentam os resultados conseguidos com experiências sistematizadas de educação baseada na internet com aprendizagem colaborativa. Destacam a grande interação conseguida com esses experimentos, com as quais os alunos ou grupos de estudantes produziram um livro, dividido em capítulos, trabalhando de forma coordenada e organizada, num ambiente altamente motivador. Segundo essas autoras, o ambiente da internet permitiu fazer uma

avaliação de todos os aspectos envolvidos, tanto no que se refere ao produto final como em relação à formação dos estudantes.

PORTER (1997) estabelece os requisitos mínimos da chamada sala virtual (*virtual classroom*) de forma semelhante às necessidades de um ambiente presencial. Para essa autora, o ambiente de aprendizagem virtual deve permitir: o acesso às ferramentas necessárias ao aluno ou a clara indicação do local onde elas podem ser encontradas; a criação de uma expectativa positiva do assunto a ser tratado (*expectation for learning*); o compartilhamento dos alunos e professores com as informações e troca de idéias; a liberdade de experimentação, testes, práticas e discussões, e, por fim, os mecanismos de avaliação do desempenho.

Para SCHRUM (1998) é necessário verificar as implicações de uma pedagogia emergente dos processos de agregação tecnológica nos cursos de EaD. Os ambientes de aprendizagem estão em constante modificação com a inclusão de recursos técnicos sofisticados levando a novas formas de aprender e ensinar. Essa autora propõe verificar as implicações da interatividade criada nos ambientes *on-line* e as estruturas organizacionais necessárias.

No trabalho de KHAN (1997) há uma clara indagação acerca das possibilidades (vantagens) do uso de tecnologia na aprendizagem, em especial do potencial da *Web*, onde ele define a instrução com base na internet (WBI - *Web Based Instruction*) como sendo uma abordagem inovadora na entrega de instrução a pessoas em locais remotos, usando a internet como mídia. Esse autor ainda lista os componentes necessários ao ambiente de aprendizagem na WBI, incluindo desenvolvimento (definição da teoria pedagógica a ser usada), projeto instrucional, programa curricular, as mídias escolhidas (componentes de multimídia), as ferramentas da Internet (se assíncronos: *e-mail*, *listservers*, *newsgroups*, se síncronos em texto: *chat* - *IRC*, *MUD's*, se síncronos em áudio e vídeo: *Internet Phone*, *CU-See-Me*) e demais perfis de *hardware* e de *software* necessários.

No que diz respeito aos ambientes de aprendizagem a distância via *World Wide Web*, SCHRUM (1998) propõe uma estrutura que aponta os aspectos pedagógico, tecnológico, organizacional, institucional e ético dos ambientes de EaD. Sobre isso é possível destacar a preocupação dos vários autores referenciados sobre a possibilidade real do aluno ficar perdido nas páginas da internet (*lost in hyperspace*). Essa autora indica vários pesquisadores que concluem que a *Web* é



uma tecnologia que tem potencial para a criação de ambientes centrados na aprendizagem proporcionando a ligação entre a EaD e os ambientes usuais de aprendizagem. Com o uso mais difundido das tecnologias baseadas na *Web* ficam cada vez menores as diferenças entre os ambientes na EaD e a sala de aula.

Para SOARES (1999) é desejável que o ambiente virtual de aprendizagem contenha tarefas e atividades enriquecidas com recursos tecnológicos que estimulem a aprendizagem por meio da construção de conceitos e da interação do aluno com o professor e com os outros colegas. O que deve nortear as condições ambientais são a possibilidade do estabelecimento de relações e o desenvolvimento de condutas e competências como interpretar, tomar decisões, exercer autonomia, resolver problemas etc.

JACOBS (1992) destaca que uma das características mais positivas do hipertexto como ferramenta de aprendizagem é o fato da possibilidade do usuário movimentar-se livremente ao navegar dentro do hiperespaço permitindo um aprendizado, às vezes até accidental, pela exploração do espaço e pela descoberta, fazendo uso de sua intuição.

Por outro lado, DUCHATSTEL (1990) defende a adequada utilização do hipertexto, evitando seu uso em conteúdos muito estruturados onde é necessário ir passo a passo na aprendizagem e, obrigatoriamente, levando em conta o esforço que o aluno está disposto a investir em atividades ou a aprofundar-se em determinado assunto no momento em que está navegando no hiperespaço.

MORGADO (1998) procura explicitar o tipo de aprendizagem desenvolvida na utilização de hipertextos, seja ela considerada como aprendizagem exploratória ou aprendizagem por descoberta. Mesmo sendo aparentemente a mesma coisa é conveniente esclarecer que no caso da descoberta, não se considera aqui como algo que o aprendiz descobre por si só, autonomamente, mas sim a partir de informações conhecidas e colocadas a sua disposição em forma de hipertexto. Portanto é mais apropriado pensar que a aprendizagem ocorre mais por recepção-absorção, uma vez que o aprendiz explora a informação até descobrir um *link* de interesse e ao entrar absorve o conteúdo. Dessa forma a autora sustenta que não é possível afirmar que esse tipo de exploração garanta a descoberta, mas, sem dúvida, pode o processo de exploração de um hipertexto proporcionar maior

aquisição de conhecimento ao usuário do que se estivesse utilizando uma leitura linear.

## **2.5 - Avaliação didático-pedagógica e ergonômica de ambientes de aprendizagem**

Segundo SILVA (1998), para a avaliação de ambientes de aprendizagem baseados em computadores é preciso reconhecer os conceitos da ergonomia de *software* com os conhecimentos da área pedagógica para avaliar a qualidade de um produto acabado (avaliação pós-utilização), como, também, ao longo do seu desenvolvimento (processo de produção). Para a avaliação da qualidade de ambientes de aprendizagem é necessário ir além de questões padronizadas e meramente técnicas, acrescentando e englobando elementos de natureza pedagógica de múltiplas dimensões, como por exemplo os aspectos ideológicos e psicológicos. Assim, por considerar essa complexidade, multidimensionalidade e diversidade dos produtos aplicados à educação é que se está buscando extrapolar os procedimentos da engenharia de *software* e das normas regulamentadoras para alcançar a dimensão pedagógica e ergonômica desejáveis nos materiais educacionais computadorizados.

Para SQUIRE e PREECE (1996) *apud* SILVA (1998), dentre as várias ferramentas que podem orientar e fornecer parâmetros para o processo de avaliação, está a utilização de uma lista de verificação (*checklist*), constituindo-se em uma das formas de avaliação rápida e de baixo custo. No caso de avaliações de *software* educacional, o *checklist* fornece uma lista de perguntas voltadas para o interesse pedagógico e à usabilidade (facilidade de uso) dos programas, as quais ajudam a focalizar os critérios a serem avaliados.

Para OLIVEIRA *et al.* (1987), “avaliar é um processo de classificar situações específicas em função de parâmetros pré-estabelecidos... todo *software* educacional reflete, necessariamente, uma concepção de ensino e aprendizagem, resultante de uma visão filosófica da relação sujeito-objeto”. A partir de experiências com pesquisa em informática educativa, essas autoras apontam para uma questão primordial que é a caracterização de um *software* educacional, indicando com base na concepção de cunho psico-pedagógico uma série de quesitos fundamentais para a avaliação,

os quais consideram o conteúdo do *software*, o processo de uso, a imagem visual na tela do monitor e a relação custo/benefício.

NIQUINI (1996) *apud* SILVA (1998) apresenta duas formas para avaliação de *software* educacional: a formativa e a somativa. A primeira é direcionada para a previsão da individualização dos procedimentos para as soluções adotadas pelos alunos e para os obstáculos específicos que se opõem à compreensão. A segunda avaliação prevê globalmente o enfoque educativo produzido pela sua utilização, incluindo os objetivos alcançados e os obstáculos ou dificuldades. Nas duas formas são aplicadas técnicas de levantamentos e tratamentos de dados como questionários, observações e aplicação de testes de forma a garantir que os programas e objetivos educacionais sejam atingidos. Na avaliação das características técnicas deve-se levar em consideração o ambiente como um todo, a saber: a máquina, o programa, os acessórios e a rede de *software*.

Em relação às características pedagógicas, NIQUINI (1996) *apud* SILVA (1998) destaca a qualidade como determinante do valor em se tratando de processo de ensino e aprendizagem. A seleção e a avaliação de *software* é uma tarefa educativa e ao mesmo tempo técnica que exige a compreensão do contexto educacional. Os critérios pedagógicos que devem ser avaliados são: os objetivos, os conteúdos, a didática, a capacidade interativa e a apresentação dos conteúdos.

O modelo de avaliação da qualidade de *software* educacional, desenvolvido por Thomas Reeves *apud* CAMPOS (1994), apresenta quatorze critérios pedagógicos e dez sobre o uso da *interface*. Na Figura 4 é apresentado um resultado de avaliação de um ambiente fictício de aprendizagem. Os critérios são avaliados por meio de procedimento gráfico marcando-se sobre uma escala com dois sentidos. Em cada extremidade da seta são colocados os conceitos antagônicos que caracterizam o critério em avaliação. Nas extremidades ficam situados, à direita, o conceito mais positivo e, à esquerda, o conceito mais negativo. A conclusão da avaliação é obtida graficamente analisando-se a disposição dos pontos marcados nas setas e que devem ser ligados.

## Ambientes de aprendizagem

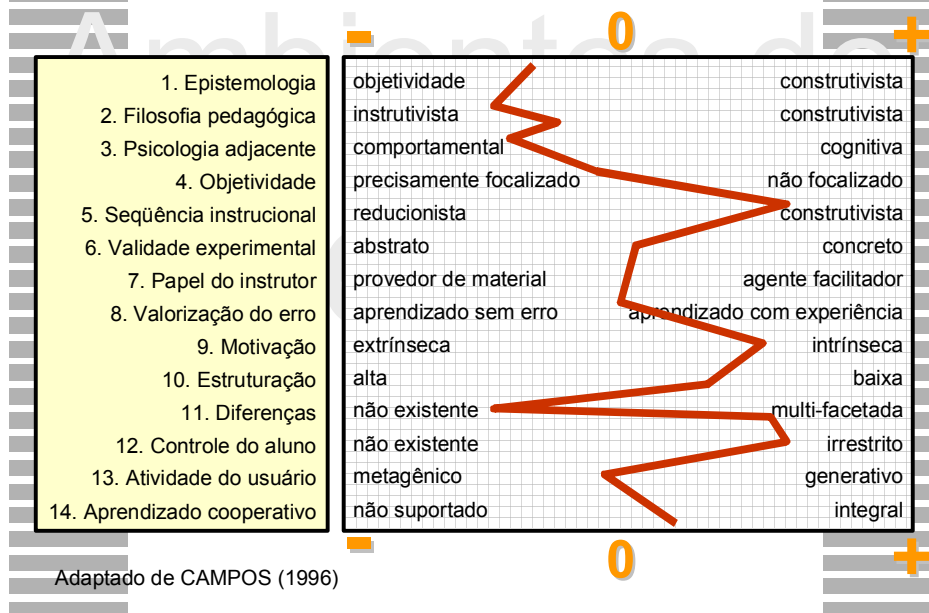


Figura 4 - Critérios pedagógicos de Reeves

A Técnica de Inspeção Ergonômica de *Software* Educacional - TICESE é, segundo GAMEZ (1998), uma técnica em desenvolvimento para apoiar os processos de avaliação de *software* educacionais. A técnica resulta em um laudo técnico que serve de orientação para os responsáveis pela aquisição de material didático de programas de ensino. A técnica contempla um conjunto específico de critérios de análise baseados em aspectos cognitivos, ergonomia, psicologia da aprendizagem e pedagogia. Nos três módulos que compõem a técnica (classificação, avaliação e contextualização) estão associados critérios e um conjunto de questões que visam orientar o avaliador na difícil tarefa de inspecionar as qualidades ergonômicas e pedagógicas do *software* educacional.

Ainda, segundo GAMEZ (1998), no primeiro módulo o objetivo é determinar a modalidade do *software* educacional (tutorial, exercício e prática, simulador, hipertexto, ou outra classificação), a identificação da abordagem pedagógica subjacente, (construtivista, behaviorista, construcionista ou outra), e, por fim, a identificação das habilidades cognitivas exigidas (aplicação, análise, síntese e avaliação). A avaliação consiste no principal módulo da técnica e mensura a conformidade do *software* educacional aos padrões ergonômicos de qualidade, procurando vincular a capacidade do programa em auxiliar no aprendizado específico. Por meio deste módulo é possível verificar os recursos pedagógicos e de

apoio à aprendizagem utilizados e sua forma de operação. Nesse caso, o módulo serve de apoio também à avaliação da facilidade de uso do sistema e dos materiais impressos que o acompanham. Os critérios definidos para efetuar esta inspeção foram desenvolvidos a partir de uma abordagem de convergência e de extensão dos critérios ergonômicos para interface de *software* em geral, propostos por SCAPIN e BASTIEN (1992) *apud* SILVA (1998). Nesta etapa procura-se verificar a qualidade da apresentação da informação, como por exemplo: a abrangência dos dados de identificação (do produto, dos objetivos e pré-requisitos técnicos e pedagógicos), a organização e apresentação da documentação impressa (presteza, agrupamento de itens, legibilidade e densidade informacional), a organização e a apresentação da informação *on line* (presteza, legibilidade, agrupamento/distinção de itens e *feedback* imediato), o significado dos códigos e denominações e a homogeneidade/coerência. É avaliada também a qualidade dos recursos, tais como: para a motivação e compreensão dos conteúdos, para a avaliação do aprendizado, para a gestão de erros (correção, qualidade das mensagens e proteção contra os erros) e para a ajuda *on-line*. Ainda é avaliada a qualidade da operação: carga de trabalho (carga e densidade informacional, objetividade e ações mínimas), adaptabilidade (flexibilidade e consideração da experiência do usuário), controle explícito (ações explícitas e controle do usuário) e compatibilidade.

Por último, GAMEZ (1998) aborda a contextualização como complementação dos módulos anteriores e onde se busca auxiliar no processo de tomada de decisão sobre uma provável aquisição mediante o estudo da adequação do produto ao contexto específico do programa de ensino. Considerando que cada programa de ensino possui características e contextos próprios, com projetos político-pedagógicos distintos e recursos financeiros variados, a decisão sobre a aquisição do *software*, além de levar em conta a qualidade do produto, deve fundamentar-se em critérios de análise que apontem a pertinência e adequação do uso do *software* educacional no referido programa.

Segundo SILVA (1998), foi criado recentemente o *ErgoList*, um sistema de avaliação de qualidade ergonômica de *software* para ser usado *on line* na internet. Foi desenvolvido pelo Laboratório de Utilizabilidade da Universidade Federal de Santa Catarina e é composto de um *checklist* sobre o qual o usuário (avaliador) pode apor opiniões e observações na medida em que vai procedendo a avaliação. Ao final

da avaliação o programa fornece um laudo com os resultados estatísticos da avaliação realizada.

Para SILVA e VARGAS (1999), os modelos e abordagens para concepção e avaliação de *softwares* educacionais são uma mostra da amplitude e complexidade da tarefa para se estabelecer parâmetros gerais para conceber e avaliar a qualidade pedagógica e ergonômica de *programas*. Seguramente um dos indicadores da complexidade fica por conta da diversidade de tipologias, de produtos existentes (tutorial, exercícios, jogos, simulações, hipermídia pedagógica etc.). Outro indicador pode ser o contexto para o qual são programados, onde cada produto é desenvolvido para desempenhar funções específicas na sua área.

Segundo GALVIS (1997), de um *software* de exercício e prática é esperado que permita ao aluno reforçar e generalizar as habilidades/conteúdos que tenha aprendido por outros meios didáticos. Este tipo de *software* deve conter a necessária quantidade e variedade de exercícios, informações de retorno diferencial, segundo o desempenho do aluno, e mais alguns recursos motivadores e reforçadores que o ajudem a atingir tanto o seu objetivo quanto o proposto pelo programa. Já dos programas do tipo tutoriais, espera-se que extrapolem as funções de verificação prática e ajudem na apropriação do conhecimento por meio da apresentação contextualizada e dosada do conteúdo como preâmbulo ou como complementação do processo de verificação. No caso dos programas do tipo heurístico (aqueles que se caracterizam pelo paradigma psicológico das correntes cognitivistas, como, por exemplo, a cognição situada) espera-se que estes dêem apoio à descoberta e à construção de conceitos e habilidades, a partir da atividade de busca, de exploração ou de solução de problemas, pelo aprendiz, em ambientes do tipo: micromundos, EIAC (Ensino Inteligente Auxiliado por Computador), hipermídias pedagógicas, histórias especialistas etc.

Segundo SILVA (1998), para se garantir que estes produtos cumpram satisfatoriamente sua tarefa como ferramenta de apoio à aprendizagem é necessário planejar adequadamente a concepção e avaliar eficazmente seus atributos pedagógicos e ergonômicos. A aplicação de conhecimentos da ergonomia, mediante a análise do trabalho educacional informatizado, é recomendável neste processo para diminuir os riscos de um produto mal concebido e/ou inadequadamente utilizado. É preciso integrar as abordagens pedagógicas e ergonômicas para a

concepção e avaliação de produtos educacionais informatizados . Para isso é importante trabalhar a interdisciplinaridade por meio do esforço de equipe para atingir o pleno objetivo de validação e aplicação de uma ferramenta com esse propósito.

Segundo SILVA (1998), os modelos e abordagens citados anteriormente auxiliam na construção de uma proposta de um modelo que procure abranger todos esses aspectos. Os conhecimentos e a experiência em pedagogia, em tecnologia educacional, em informática educativa, em ergonomia e em engenharia de *software*, além de outros conhecimentos afins, são condições básicas para este objetivo. Assim, dentro da abordagem multidisciplinar, SILVA (1998) propõe a construção de um modelo que integre os aspectos pedagógicos e ergonômicos na mesma ferramenta, de modo a contemplar os projetos de educação, de comunicação e de computação, atendendo o que um produto educacional informatizado requer e que possa ser estruturado de modo a auxiliar tanto projetistas como educadores, na concepção, avaliação e utilização (seleção e uso).

O modelo integrado, proposto por SILVA (1998), adota como estratégia inicial para construir esta ferramenta o levantamento dos objetivos pedagógicos e técnicos (ergonômicos) de modo a reunir o maior número de informações sobre esta interdisciplinaridade e aplicá-las na construção do modelo. Conforme mostrado na Figura 5, o modelo é concebido de forma que o avaliador tenha uma visão geral dos elementos que deverá observar, facilitando-lhe a pesquisa sobre estes pontos e que seja aplicável às várias tipologias, podendo ser feita mediante questões de verificação da conformidade ergonômica e pedagógica na forma de *checklist* e/ou orientações para ensaios de interação.

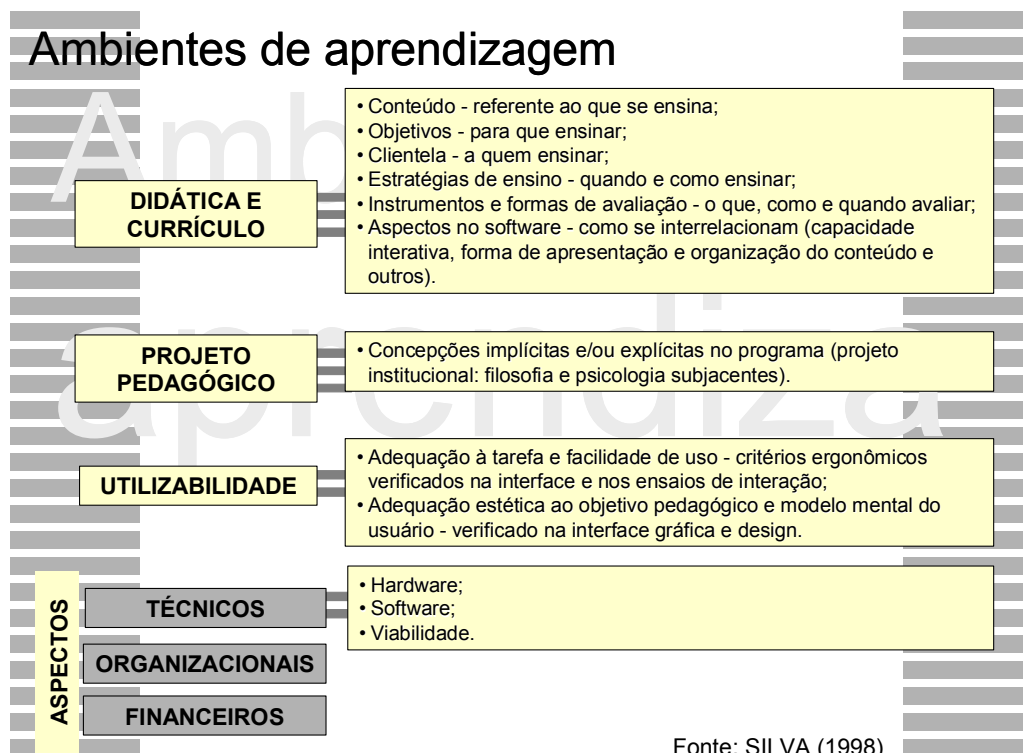


Figura 5 - Proposta para um modelo integrado de avaliação

Com base nos trabalhos desenvolvidos por BASTIEN e SCAPIN (1992) apud SILVA (1998), os quesitos relacionados à parte ergonômica foram complementados com os critérios pedagógicos e de apoio ao ambiente de aprendizagem. Na Figura 6, é mostrada a estrutura do *checklist* a ser adotada na avaliação do ambiente proposto nesta pesquisa e já aplicada, anteriormente, para avaliar *softwares* educacionais. O *checklist* é composto de três partes e tem por objetivo qualificar o programa a partir das características desejáveis. Dessa forma o percentual que cada tópico apresenta significa o grau de satisfação em relação a esses característicos. As questões em que o *checklist* não se aplica podem decorrer da tipologia do programa e não são consideradas na avaliação.



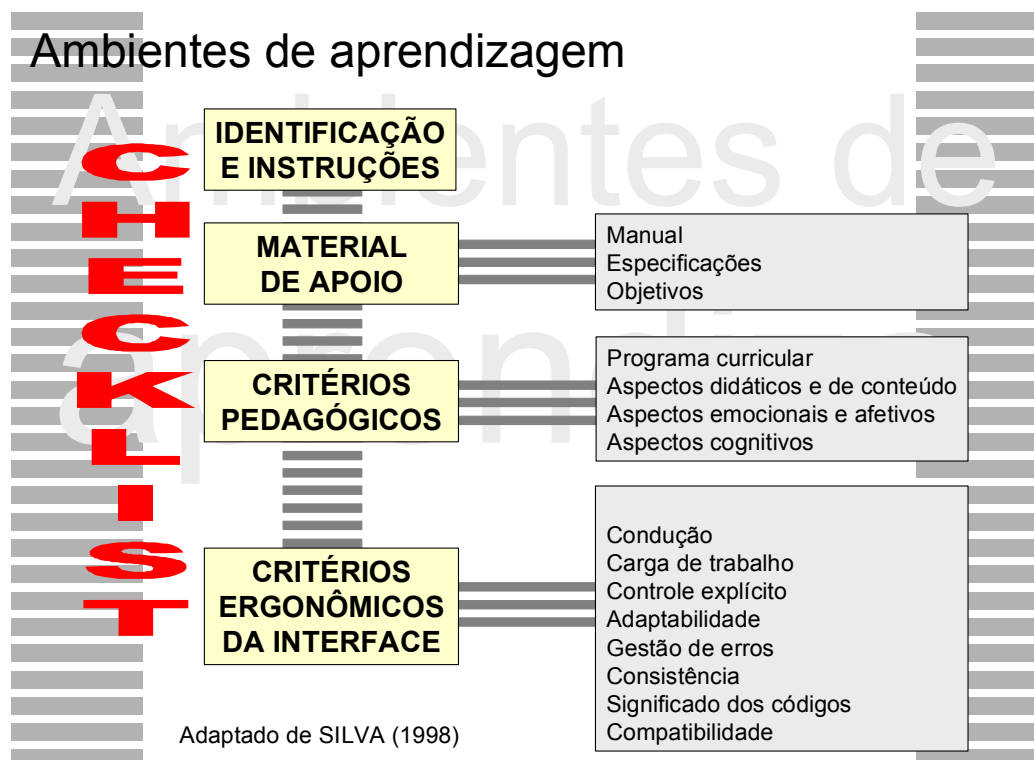


Figura 6 – Estrutura do *checklist*

Para SILVA e VARGAS (1999), os educadores responsáveis pela escolha de materiais didáticos quase sempre que se deparam com a tarefa de avaliar a qualidade de um *software* educacional constataam ser esta uma tarefa bastante complexa. A experiência docente e o envolvimento desses professores com os programas de ensino por certo têm sido importante por ocasião da escolha de material didático. No entanto, a experiência anterior pode não ser suficiente para o caso de produtos informatizados. Dessa forma, é bem recebido o desenvolvimento de meios que possam auxiliar esses educadores, tanto na fase de elaboração como na simples seleção de material didático. Como foi visto, os procedimentos de avaliação da qualidade de produtos educacionais informatizados podem ser efetuados de diversas formas, seja por meio de listas de verificação (*checklists*), ensaios de interação, avaliações heurísticas etc.

## 2.6 - Considerações sobre este Capítulo

Nesta revisão bibliográfica, pode-se perceber claramente a evolução do processo de ensino-aprendizagem ocorrido nos últimos anos e a distinção entre os métodos e ambientes onde cada um dos processos é mais prevaiente. A revisão

demonstra que na educação evoluiu-se do mero ato de ensinar, com o professor como figura central e mais importante do processo, para a ênfase nos conteúdos, depois nos métodos para finalmente se chegar ao ideal de mostrar e destacar o aluno como sendo o principal ator do processo de aprendizagem. Mesmo com todos os avanços nas teorias educacionais e nas tecnologias, os autores, em geral, lamentam que as práticas continuem as mesmas em muitos dos cursos de graduação, havendo tão somente uma reprodução do modelo tradicional com o uso de novos recursos instrucionais. Os pesquisadores na área do ensino de engenharia corroboram com os demais autores pela necessidade de maior aplicação de métodos de ensino-aprendizagem que exijam criatividade, pensamento divergente, crítica e outras manifestações espontâneas por parte de todos, educadores e educandos. A revisão também procurou mostrar a evolução dos ambientes de educação a distância, seja em termos de interação, suas características mais desejáveis e sua inserção no processo de educação e as maneiras pelas quais podem ser avaliados e convalidados.

No próximo capítulo é proposto um método de pesquisa visando o desenvolvimento de um modelo de ambiente de aprendizagem que contribua para a formação mais sólida dos profissionais de engenharia civil, levando em conta o projeto pedagógico dos cursos e das disciplinas.

### **3 - MÉTODO DE PESQUISA**

Ao estabelecer a sistemática a ser adotada no desenvolvimento do trabalho, optou-se por trabalhar em pesquisa fortemente voltada para o empirismo, relacionando os objetos de estudo de forma qualitativa e experimental, conforme diagnosticado por ANDRADE (1995), ao comparar os diversos tipos de encaminhamentos possíveis para um projeto de pesquisa. SILVA *et al.* (2000) concordam na dispensa de métodos e técnicas estatísticas no processo de pesquisa qualitativa, sendo portanto descritiva e a cargo do pesquisador fazer a interpretação dos fenômenos de forma indutiva. Do ponto de vista da natureza da proposta de método, a pesquisa se caracteriza como sendo aplicada, uma vez que tem por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática envolvendo problemas específicos e localizados. O objeto é caracterizado pelo ambiente de aprendizagem apresentado (modelo proposto) e a experimentação é baseada na reprodução da realidade, ou seja, um ambiente de aprendizagem virtual em substituição ao canteiro de obras real, adotando procedimentos e técnicas de ensino-aprendizagem já consolidados e amplamente divulgados pela literatura pertinente (MINAYO, 1984). A abordagem qualitativa é expressa pela preocupação em verificar o desempenho de um ambiente de aprendizagem, sendo, portanto, caracterizada a avaliação do modelo no sentido de sua validação durante o processo, utilizando meios e procedimentos de análise de resultados livres (TRIVIÑOS, 1987).

#### **3.1 - Projeto pedagógico da disciplina**

As diretrizes da disciplina trabalhada nesta tese, aqui definidas pela ementa, conteúdo programático, objetivos e métodos de ensino estão atreladas ao projeto pedagógico do curso de graduação em engenharia civil da UEPG e, ambos, necessariamente afinados no contexto do projeto político-pedagógico da universidade. Ao se considerar a integração entre os vários níveis de desenvolvimento de uma proposta de disciplina, invariavelmente, os envolvidos (professores, alunos e comunidade) acabam por se encontrar às voltas com questões sociais, políticas, geográficas, econômicas e culturais que devem influenciar e definir os parâmetros norteadores do processo de construção de um projeto pedagógico. Em geral, autores como Demo (1994), Veiga (1991, 1996, 1997), Gadotti (1997), Sacristán (1995) concordam que no processo de construção

do projeto pedagógico, em qualquer dos seus momentos (concepção, execução e avaliação), a ênfase deve ser dirigida, muito mais do que nos aspectos formais, para a qualidade do processo (VEIGA, 1998).

Cabe aqui fazer um resgate como pressuposto válido, o fato de ter havido amplo debate junto à comunidade acadêmica por ocasião da construção do projeto pedagógico do curso. Embora não estejam formalmente registrados, pode-se destacar as seguintes questões: os pressupostos de ordem filosófico-sociológicos sintetizados na formulação do objetivo do curso e no perfil do profissional que se deseja capacitar. Neste aspecto, a educação profissional é encarada como um compromisso público de todos os agentes internos (professores, funcionários e alunos) para com a comunidade, objetivando a formação de um profissional habilitado e de um cidadão participativo que levem em consideração as mazelas da sociedade atual e consciente dos desafios que terá de enfrentar para transformar a sociedade naquela idealizada por ele.

Outro pressuposto importante para um projeto pedagógico no âmbito do curso é a maneira na qual é trabalhado o conhecimento, sua produção, transmissão, democratização e vinculação entre teoria e prática. Nesta questão foi considerada a independência do professor e a grande variabilidade da prática docente, ou seja, como cada professor trabalha na sua disciplina. De qualquer forma, a recomendação geral foi a de resgatar a epistemologia como sendo a norteadora do processo de construção do conhecimento, considerando que a interdisciplinaridade, o vínculo entre ensino e pesquisa, as potencialidades dos alunos e a coerência entre prática e teoria são condições básicas para um projeto pedagógico (VEIGA, 1998).

Por último, do debate resultaram as seguintes recomendações de ordem didático-metodológicas, no âmbito das disciplinas: favorecimento do processo ensino-aprendizagem por meio de uma adequada relação entre professor e alunos e entre esses, seja pela participação em projetos de interesse comum ou em debates na sala de aula, em experimentos de laboratório, em visitas técnicas, em estágios etc.

Para atender os requisitos deste trabalho de tese foi considerado o projeto pedagógico formalmente estabelecido para o curso de engenharia civil da UEPG, que tem como principal finalidade formar engenheiros civis capacitados a desenvolver projetos e orientar a execução de serviços de engenharia, nas áreas de

construção civil, geotecnia, estruturas, transportes, saneamento e instalações. O objetivo do curso é fazer com que o engenheiro civil graduado pela UEPG esteja habilitado para o exercício profissional, devendo fazer a prevalecer a ciência e a tecnologia, no que diz respeito às obras urbanas, suas interligações, necessidades de energia e abastecimento, transformando o meio ambiente de forma racional e humana.

No que diz respeito à disciplina construção civil, ela é considerada como sendo uma das disciplinas integradoras da interdisciplinaridade na quarta série do curso, pois ela acaba trazendo para si os conteúdos de várias outras disciplinas vistas antes ou em paralelo pelo aluno no desenvolvimento do curso. A abordagem na disciplina enfatiza os conteúdos relacionados aos materiais de construção, aos projetos de edificações e ao planejamento das obras sempre pelo lado dos sistemas construtivos, procurando resgatar os conhecimentos teóricos adquiridos nas outras disciplinas do curso, dando um tratamento prático a esses conteúdos por meio de visitas técnicas em obras. As aulas geralmente são pelo método expositivo tradicional aberto (NÉRICI, 1992), admitindo-se e incentivando-se a participação dos alunos no desenvolvimento da aula. O conteúdo mínimo de cada aula é entregue previamente para os alunos e o sistema de avaliação é bastante usual, baseado no desempenho dos alunos em testes bimestrais e na elaboração de trabalhos técnicos.

### **3.2 - Origem do modelo de ambiente de aprendizagem**

A origem do modelo tem sido a disposição de um grupo de pesquisadores (alunos e ex-alunos) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC em desenvolver soluções em educação a distância e para o ensino continuado de profissionais de engenharia e arquitetura e os bons resultados da aplicação de outros modelos de ambientes de aprendizagem testados durante e posteriormente à elaboração de dissertações de mestrados e teses de doutorado no programa. Em especial, tem servido de referência para este trabalho o ambiente *WEB-PCO™* apresentado por FREITAS (1999) que trata da concepção do projeto e execução de um curso de educação continuada para o setor da construção civil, na modalidade de ensino a distância, com o suporte da tecnologia de internet. É um ambiente de aprendizagem organizado de forma clara e de fácil utilização, sendo a

interface das páginas adequadas ao usuário, exigindo dele o mínimo de aprendizagem da lógica de interatividade e o máximo de intuitividade.

Destaca-se nesse ambiente, tanto nas fases de concepção e implementação como na validação, a aplicação de conhecimentos de ergonomia e de pedagogia. A abordagem ergonômica voltou-se para a concepção de interface homem-computador e a pedagógica para o desenvolvimento do desenho instrucional do curso. Estes dois enfoques integrados e presentes em todo o ambiente dão a certeza de que é possível difundir conhecimento utilizando uma ferramenta simples como a internet.

Também tem servido de referência, para o desenvolvimento do ambiente proposto, um ambiente de aprendizagem *on-line* para cursos de educação continuada na área da engenharia civil, chamado de Civix (MENDES JR, 2001). Esse ambiente é o portal do conhecimento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná (<http://solar.cesec.ufpr.br/civix/default.asp>). É uma criação do grupo de Tecnologia da Informação do [CESEC](#) (*Centro de Estudos de Engenharia Civil "Prof. Inaldo Ayres Vieira"*) e é mantido pelos grupos de pesquisa atuantes na área de construção ([Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil](#)).

No Civix os interessados têm acesso a cursos *on-line*, material técnico, material didático, artigos técnico-científicos, teses acadêmicas, serviços *on-line* via internet tais como: fórum científico, gestão de projetos e outros documentos e acompanhamento de obras, entre outros. O primeiro curso *on line* oferecido pelo Civix é Planejamento Operacional em Obra usando o ambiente *WEB-PCO™* (Freitas, 1999) com o objetivo de treinar os participantes (engenheiros, arquitetos e estudantes) em técnicas de programação operacional de tarefas para serem aplicadas pelo profissional no gerenciamento de obras de qualquer porte, combinando o uso das técnicas *Last Planner* e *Lookahead* propostas por pesquisadores da construção enxuta.

Por outro aspecto, procurou-se aliar a existência de ferramentas para a construção de um modelo virtual de aprendizagem com um ambiente convencionalmente aceito como sendo local de consolidação de conhecimentos teóricos trabalhados em sala de aula – o canteiro de obras – como modelo de processo de ensino-aprendizagem que tradicionalmente ocorre nos cursos de

graduação em engenharia civil por meio de visitas técnicas às obras nas disciplinas profissionalizantes.

### 3.3 - Sistematização do método de pesquisa

Para o desenvolvimento sistematizado da presente pesquisa foram adotadas etapas bastante diferenciadas dentro do método utilizado, de modo a se poder distinguir cada uma das fases e sustentar os meios utilizados na elaboração do ambiente virtual de aprendizagem - canteiro de obras. A Figura 7, a seguir, mostra genericamente os pontos trabalhados durante o desenvolvimento do trabalho. Pode-se dizer que se trata de uma seqüência simples de atividades sistemáticas que tiveram por objetivo construir um local que encerra (concentra) informações na forma de hipertextos (conteúdo e imagens) envolvendo pesquisadores, professores, alunos, profissionais de obras (engenheiros, mestres-de-obra, oficiais etc.) e outros interessados.

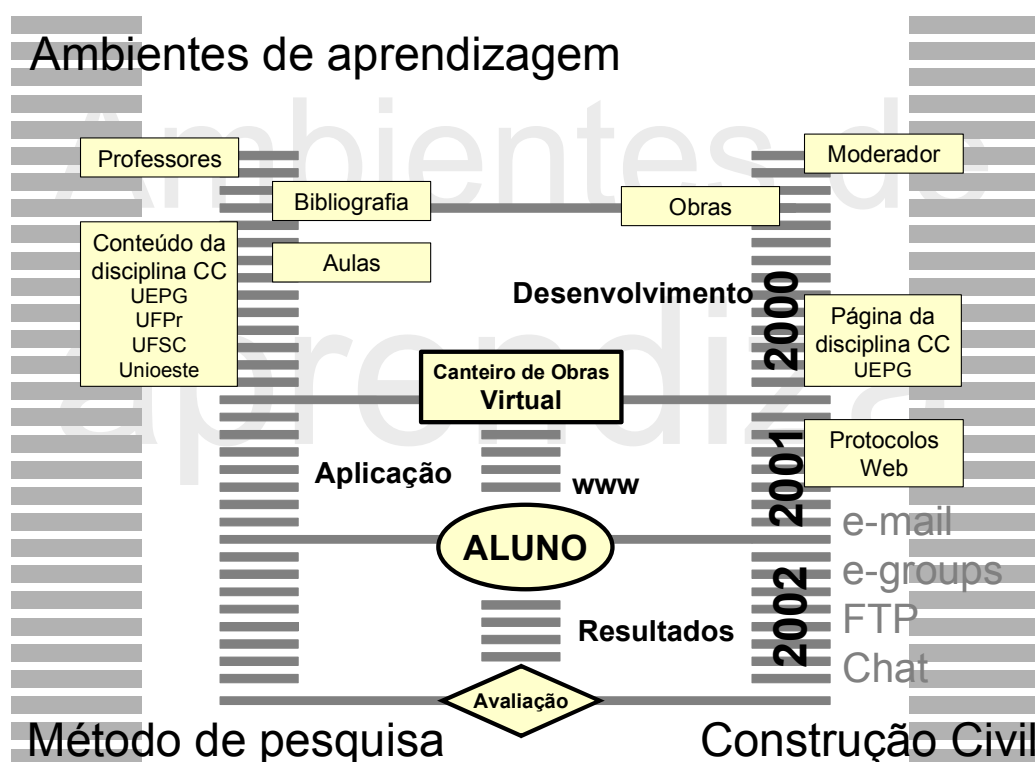


Figura 7 – Fluxograma do método de pesquisa proposto

### 3.4 - Desenvolvimento do modelo

A primeira etapa do trabalho consistiu em verificar o interesse de professores das disciplinas de construção civil em aplicar novas tecnologias de aprendizagem no

seu dia-a-dia e da disponibilidade deles em colaborar com o desenvolvimento do trabalho. Para tanto foi encaminhada para os professores uma proposta de trabalho na forma de artigo, procurando apresentar a idéia do desenvolvimento do ambiente virtual de apoio às atividades de sala de aula. Posteriormente, verificou-se por meio de uma pesquisa junto aos acadêmicos o perfil da utilização de computadores e da internet por parte dos alunos. Com base nessas informações preliminares e na constatação de já existir uma expectativa positiva por parte de professores e alunos no sentido de contribuir para o desenvolvimento do trabalho verificou-se a necessidade de uma adequação dos conteúdos programáticos da disciplina construção civil a fim de torná-los em condições de serem colocados em ambiente virtual. Dessa forma, iniciou-se a coleta de dados para a construção do ambiente de aprendizagem em duas fontes principais de informações: os conteúdos do programas da disciplina e as imagens obtidas em canteiros de obras. A Figura 8 mostra a sistemática utilizada da captação de informações ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

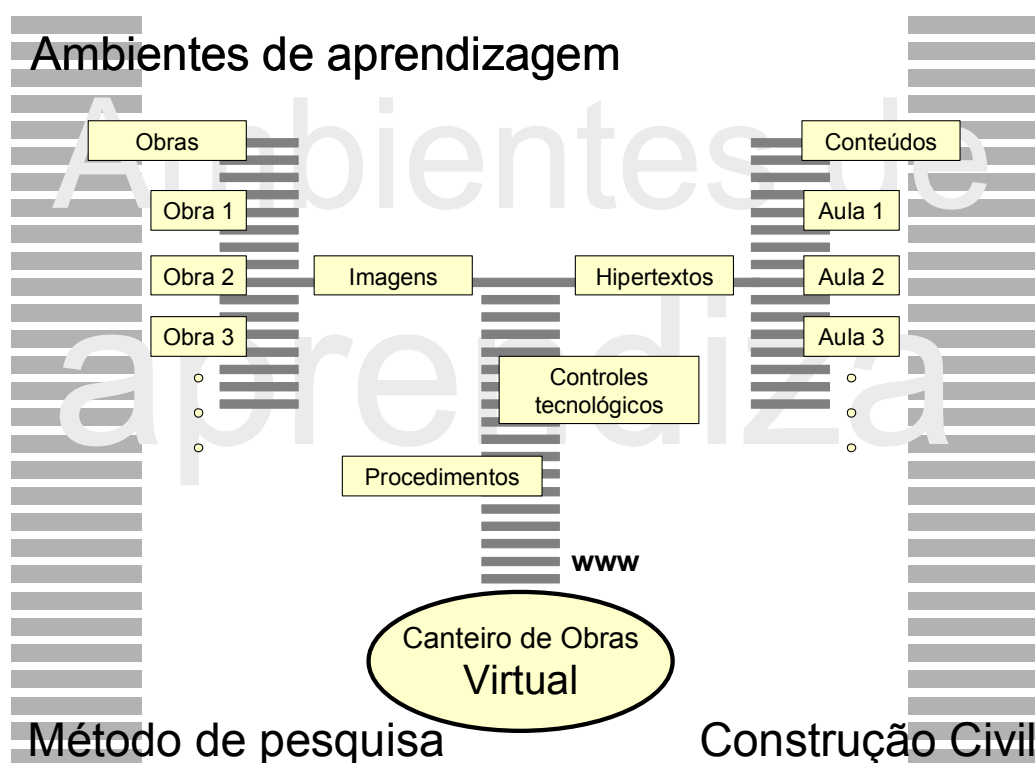


Figura 8 – Coleta de informações para o ambiente de aprendizagem



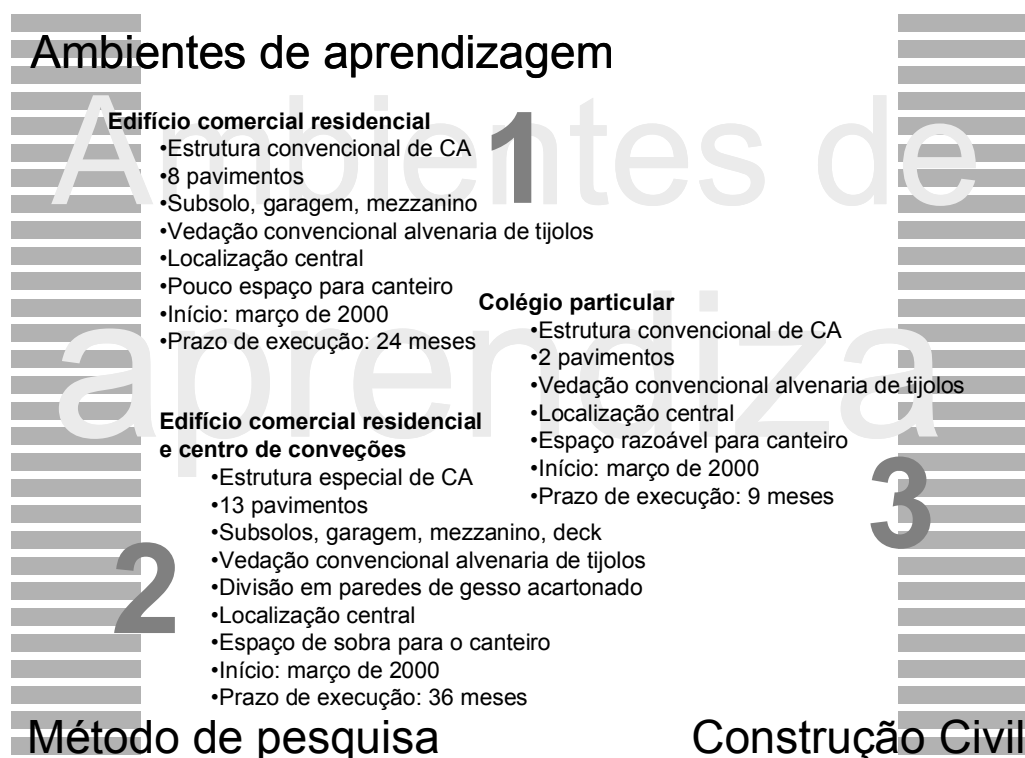
### 3.5 - Coleta de informações em sala de aula

Assim sendo, o autor na qualidade de gerenciador do ambiente de aprendizagem passou a coletar as informações mínimas necessárias para a construção do canteiro virtual. Foi necessário obter todo o material utilizado pelos professores e conhecer o enfoque dado aos conteúdos disponíveis por meio da assistência às aulas durante o ano letivo de 2000 na disciplina de construção no curso de engenharia civil da UEPG e mediante entrevistas regulares com professores de outras universidades. Dessa experiência inicial resultou a necessidade de se desenvolver em paralelo uma página na internet da disciplina em questão em que foi colocado todo o material coletado e adaptado (digitalizado) ao mesmo tempo em que se fazia o acompanhamento de obras para obter imagens e informações coerentes com a abordagem imprimida pelos professores na sala de aula, com o cuidado de evitar interferir em demasia na rotina da classe. Dessa forma, convém desde já caracterizar a *homepage* (<http://www.uepg.br/denge/civil>) da disciplina como sendo um subproduto da pesquisa, fixando o produto principal como sendo o desenvolvimento do canteiro de obras virtual como ambiente de aprendizagem objeto da presente proposta de trabalho, tendo em mente, no entanto, a clareza de que as duas situações se complementam.

Em paralelo às assistências às aulas que também tinham por objetivo desenvolver e atualizar as informações e verificar a abordagem dos docentes em relação aos conteúdos ministrados, foram pesquisadas e utilizadas outras fontes de informação para obter conteúdos atualizados para serem acrescentados ao material oferecido na sala de aula (estes considerados como conteúdos mínimos). Dessa forma, buscou-se na bibliografia brasileira, nas normas técnicas vigentes, nos catálogos dos fornecedores de materiais de construção e equipamentos, nos programas de outras disciplinas similares, apostilas e anotações de professores etc., fontes de informação de forma a atualizar e consolidar os conteúdos ministrados. Ainda, ao longo desse ano foram feitas revisões nos textos dos conteúdos e digitalizados os desenhos (diga-se em grande número) que ilustram esses textos. Houve a preocupação de refazer todo e qualquer desenho, empregando estilo próprio na sua elaboração em coerência com as figuras (desenhos, tabelas, quadros etc.) apresentadas pelos professores na sala de aula, para, dessa forma, evitar um distanciamento do material utilizado na sala e o material colocado no ambiente.

### **3.6 - Coleta de informações em canteiros de obras**

Da mesma forma que foi feito para as aulas, iniciou-se o acompanhamento de obras que estavam em fase de implantação com o objetivo de colher o material necessário à fixação dos conteúdos de sala de aula e os colocados na página eletrônica da disciplina. Foram escolhidas três edificações distintas na cidade de Ponta Grossa de forma a obter material (imagens) diversificado e ter sempre fases diferentes para serem trabalhadas junto ao aluno, bem como procedimentos, ritmos e técnicas próprias de cada uma das construtoras. No quadro a seguir é mostrado um resumo das características de cada obra, no qual pode-se verificar trataram-se de canteiros bastante diferentes uns dos outros. Em relação ao espaço para o canteiro, na obra 1 por exemplo, o edifício tomava totalmente o espaço do terreno, havendo necessidade de constantes mudanças das bancadas de fôrmas, de armaduras e de equipamentos na medida em que os espaços precisavam ser ocupados por blocos e pilares. Já na obra 2, o espaço para as instalações provisórias era mais que suficiente, possibilitando a fixação de bancadas cobertas, locais de armazenagem de materiais e equipamentos, alojamento, refeitório etc. Na obra 3, o espaço e a movimentação tinham de ser planejados constantemente por se tratar de obra de reforma de um colégio onde as atividades não foram paralisadas, necessitando de cuidados especiais para evitar que as crianças e demais transeuntes ficassem expostos a perigo.



Quadro 1 – Características das obras pesquisadas

### 3.7 - Aplicação do método

A fase de aplicação da sistemática desenvolvida ocorreu no ano de 2000 estendendo-se aos anos letivos de 2001 e 2002 (período de realização do doutorado), ficando a coleta de informações relativas aos conteúdos concentrada na primeira etapa (ano letivo de 2000) com as assistências às aulas, bem como as visitas aos canteiros de obras para coleta de imagens e a elaboração da página da disciplina e início do *site* do canteiro virtual e utilização dos protocolos da *web* (*e-mail*, *e-groups* e *FTP*). Nos anos letivos seguintes, 2001 e 2002 ocorreu o acréscimo de conteúdo e divulgação das aulas e o incremento das imagens e informações no canteiro. Também nesta etapa os alunos puderam ter o primeiro contato com o ambiente (página da disciplina e canteiro) e tiveram a oportunidade de já contribuir para sua melhoria com sugestões e dúvidas. Em síntese, a sistemática operacional de desenvolvimento e aplicação ocorreu repetidamente em meio ao processo de divulgação de informações e avaliação por parte dos professores e moderador, com os elementos e ferramentas sendo desenvolvidos e incorporados na medida em que eram publicados.

### 3.8 - Ensaio sobre aprendizagem significativa

A teoria da aprendizagem significativa proposta por AUSUBEL (1963) procura explicar a maneira como ocorre a aprendizagem de novos conhecimentos por meio de apresentações prévias de conceitos geralmente esquematizados em um quadro escolar (esquemas de aula). A base da teoria de Ausubel (Figura 9) é de que o aprendizado ocorre em processos hierarquizados (ordenados e combinados) durante a recepção da informação. Um desses processos é a inclusão, na qual o conteúdo a ser aprendido é relacionado com os conceitos relevantes da estrutura cognitiva existente, por meio desses esquemas (mapas cognitivos), denominados por Ausubel de organizadores avançados (ou organizadores prévios). Segundo Ausubel os organizadores são apresentados com antecedência ao aprendizado em um nível mais elevado de abstração de forma a potencialmente relacionar o conhecimento prévio desejável sobre determinado assunto por parte dos alunos, para explicar, integrar e interrelacionar o novo conteúdo (material).

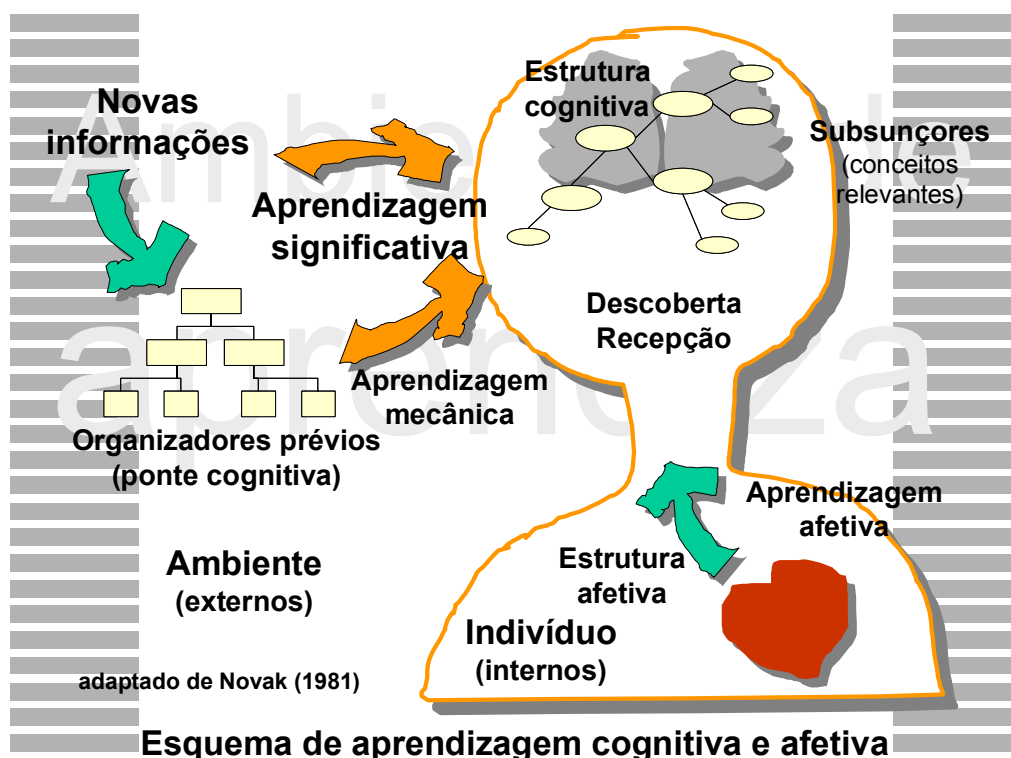


Figura 9 – Aprendizagem significativa de David Ausubel

AUSUBEL (1978) e AUSUBEL *et al.* (1978) sustentam que os organizadores avançados são mais do que informações prévias gerais ou resumos, que simplesmente introduzem a novos conceitos. Os organizadores devem ser

colocados para atuarem como uma ponte entre o material de aprendizado novo e os conceitos preexistentes, provocando uma reestruturação cognitiva apta a receber novos conhecimentos. Portanto, essa teoria é particularmente indicada para explicar o processo de aprendizagem por recepção (aulas expositivas), muito comum, ainda, nas práticas escolares contemporâneas. Os organizadores devem ser elaborados seguindo-se os princípios de que os conceitos genéricos de um assunto devam ser apresentados inicialmente para depois serem progressivamente detalhados e especificados, e os materiais de instrução devem tentar integrar o material novo com a informação anteriormente apresentada por meio de comparações e referências cruzadas de conceitos novos e preexistentes.

NOVAK in AUSUBEL *et al.* (1978) destaca a utilidade dos diagramas e esquemas na estruturação dos organizadores de avanço de aprendizagem, citando a afirmação de Ausubel de dez anos antes de que a tremenda eficiência da aprendizagem significativa como mecanismo de processamento e armazenamento de informações deve ser atribuída, em grande parte, a uma de suas características – a não arbitrariedade do relacionamento da tarefa de aprendizagem à estrutura cognitiva. No caso do relacionamento não arbitrário, o conteúdo (material) potencialmente significativo aos conceitos relevantes já existentes (conhecidos) e parte da estrutura cognitiva do aluno podem ser trabalhados para dar lugar a novos conhecimentos e a novos significados e assim ampliar a estrutura cognitiva.

Outra constatação de Ausubel reforçada por NOVAK in AUSUBEL *et al.* (1978) diz que o uso de organizadores prévios leva à ampliação da estrutura cognitiva e que por sua vez provoca maior receptividade de conteúdos significativos, ou seja, na medida em que os conceitos são trabalhados mais e mais possibilidades haverá de que os próximos materiais (conteúdos) venham a ser significativos para o aluno.

Mais recentemente, dando prosseguimento aos trabalhos de David P. Ausubel, NOVAK (1993) e (1983) destacou a importância do conhecimento anterior para a aprendizagem de novos conceitos, tendo concluído que a aprendizagem significativa envolve a assimilação de novos conceitos a partir de estruturas cognitivas existentes. Para isso ele propõe a utilização de mapas conceituais, em que os conceitos são representados por pontos (nós) e linhas de vínculos que representam as relações entre conceitos. Na medida em que for necessário, os

vínculos entre os conceitos podem ter uma direção (hierarquizados) ou, ainda, mostrar uma relação temporal ou de causa-efeito entre esses conceitos.

JONASSEN & GRARABOWSKI (1993) propõem utilizar mapas cognitivos semelhantes para gerar idéias (*brainstorming*), desenvolver textos longos (hipertextos), projetar estruturas complexas, comunicar idéias complexas e ajudar a integrar conhecimento novo e com conceitos existentes. Estes autores sugerem o uso de símbolos visuais que possam ser facilmente reconhecidos ou textos mínimos na elaboração de um mapa de conceitos.

Assim pode-se perceber o potencial do hipertexto como ferramenta para a aplicação de organizadores prévios, mapas conceituais, esquemas etc. (CONKLIN, 1987). São amplas as possibilidades do desenvolvimento de longos e complexos textos vinculados entre si por meio de *links* (palavras ou símbolos) de forma a mediar um conhecimento prévio desejável com o que se pretende apresentar de novo ao aprendiz ou leitor. Outros estudos já vinham fazendo a correlação entre a ferramenta mais comum de armazenagem e divulgação de informações da internet - o hipertexto - e os mapas conceituais ou ainda os organizadores prévios de Ausubel.

A utilização de esquemas e mapas semelhantes à abordagem dada por Ausubel nos organizadores de avanço de aprendizagem (organizadores prévios) facilita o trabalho com grandes quantidades de informação, como o que ocorre no caso dos hipertextos. A apresentação de esboços por meio de páginas de hipertextos com *links* genéricos deve facilitar a busca do que é significativo para o aluno e desta forma contribuir para a consolidação da aprendizagem.

Num ensaio a mais para entender o processo de aprendizagem, NOVAK (1993) em seu artigo "*how do we learn our lesson?*" faz uma referência histórica para mostrar a preocupação dos educadores pioneiros com o mecanicismo. Segundo ele, no mesmo ano que o livro de B.F. Skinner (*The behavior of organisms*, 1938), foi publicado, o presidente da Associação Americana de Psicologia alertava seus colegas que mais ênfase deveria ser dada ao significado como fator de aprendizagem. Desde então, os relevantes estudos de Jean Piaget e George Kelly têm influenciado a educação por meio da demonstração inequívoca da importância dos aspectos cognitivos do processo de ensino-aprendizagem. Não foi antes dos anos 60, entretanto, que iniciaram os estudos para se entender como o significado afeta a aprendizagem.

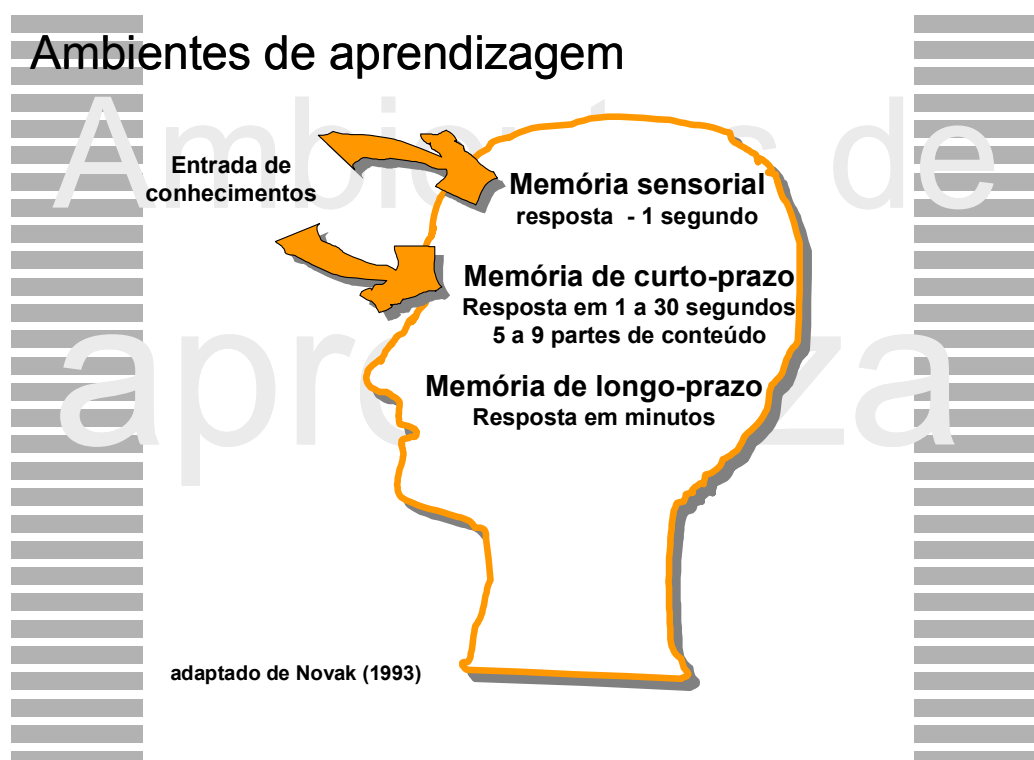
David Ausubel foi um dos primeiros pesquisadores a estudar a conexão entre significado e aprendizagem. Em seu livro de 1968 (Psicologia educacional: um ponto de vista cognitivo) ele escreveu, “se eu tivesse de resumir tudo sobre psicologia educacional a um só princípio, eu deveria dizer isso: o mais importante e simples fator que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe”. Esse tem sido, para NOVAK (1993), o princípio norteador do seu grupo de pesquisas. Para ele, parece ser uma idéia simples, mas não há dúvida de que traz profundas implicações. O desafio inicial é como determinar o que o aprendiz já sabe? Obrigá-los a responder avaliações por meio de lápis e papel é notoriamente um método pobre. Entrevistas clínicas no estilo piagetano podem ser muito eficazes, mas requerem conhecimento, prática e muito tempo. Os professores precisam de alternativas. Nas aplicações práticas da teoria de Ausubel, NOVAK (1993), envolvendo o exame de como o conceito de partículas da matéria é apreendido por crianças até doze anos, identificou três fatores-chave: a aprendizagem significativa envolve assimilação de novos conceitos e proposições dentro de estruturas cognitivas existentes, o conhecimento é organizado hierarquicamente na estrutura cognitiva, sendo que a maior parte da nova aprendizagem envolve subsunção de conceitos e proposições dentro da estrutura hierárquica existente e o conhecimento adquirido por aprendizagem mecânica não é assimilado.

O aprofundamento dos estudos dessas idéias levou o grupo de pesquisas de NOVAK (1993) a tentar vários esquemas para representar a estrutura do conhecimento. A ferramenta desenvolvida mais aceita foi o mapa conceitual (mapa cognitivo), que é agora familiar para a maioria dos professores. Com a utilização de mapas conceituais durante os vários anos de duração da pesquisa com crianças ficou constatado que a aprendizagem significativa provoca progressivamente grandes modificações da estrutura cognitiva do aprendiz. A mesclagem de novos e antigos significados podem levar a conceitos mais completos. A aprendizagem mecânica nunca é absorvida na estrutura cognitiva.

Tanto GOWIN (1992) como NOVAK (1993) entendem que o significado implica na percepção regular do conceito. Um novo conhecimento é construído quando elementos de conhecimentos anteriores são usados para a percepção de novas regularidades ou novos relacionamentos entre conceitos regulares já entendidos antes. Para eles, o conceito regular é algo que possa ser designado por

um rótulo. Um princípio bem aceito é que dois ou mais conceitos são ligados para formar uma proposição sobre como as coisas funcionam no mundo. Para uma criança, a percepção de conceitos regulares é uma capacidade genética, tal como a habilidade de usar a linguagem. Aos três anos, muitas crianças podem rotular centenas de conceitos e usá-los em forma de milhares de proposições. Essa incrível realização é normalmente encontrada por descoberta, não por instrução. A linguagem fornece à criança habilidade para obter novos conceitos e significados com aprendizagem por recepção. Esse processo ocorre lentamente dentro de nossas escolas por conta do grande volume de aprendizagem mecânica a que nossas crianças estão submetidas. NOVAK (1993), seguindo os ensinamentos do mestre Ausubel, tem claro de que a escola tradicional baseada na instrução inibe o aluno a aprender.

Nestas três últimas décadas fica cada vez mais evidenciado nas pesquisas mais sérias na área educacional e na psicologia da educação de que a memória humana não é um copo vazio esperando para ser cheio, ou ainda mais modernamente como um disco rígido formatado de um computador à espera da gravação de arquivos eletrônicos. É quase um consenso de que há uma interação de três sistemas distintos da memória: memória sensorial, memória de curto prazo e de longo prazo, como se procura mostrar no esquema da Figura 10.





## Figura 10 – Os três sistemas da memória humana

Segundo NOVAK (1993), no ensino de ciências e matemática, nas quais são trabalhados grandes volumes de matéria e de conteúdos que têm o potencial para revelar muitas relações de conceitos para os estudantes, em cuja descoberta, dado a complexidade dos relacionamentos, encontram as limitações da memória de curto-prazo. As experiências mostraram que alunos mais talentosos podem trabalhar sete partes independentes do conteúdo de cada vez (entre cinco e nove partes independentes) e é nessas condições que a aprendizagem significativa deve ocorrer. A principal diferença entre um chamado gênio e um aprendiz mediano é que o dotado tem a capacidade de usar conceitos altamente ordenados e com isso consegue atingir melhores níveis de aprendizagem em um maior número de tópicos do conteúdo.

Buscar instrumentos para ajudar os alunos a adquirir habilidade para obter pensamentos práticos foi o principal enfoque dos trabalhos e discussões de educadores e psicólogos educacionais nos últimos anos. A maioria desses trabalhos envolveu, segundo NOVAK (1993) o uso de diagramas semelhantes (com a mesma base teórica) aos mapas conceituais, mapas cognitivos e diagramas heurísticos. Em geral esses diagramas são ferramentas efetivas que podem ajudar a organizar o conhecimento que, por uma questão de objetivos de aprendizagem, precisa ser trabalhado na memória de curto prazo, e com isso contribuir para que os alunos consigam formar estruturas mentais que os ajudem a aprender a pensar mais criticamente ou mais criativamente. Esses trabalhos mostram que cabe aos educadores orientar e motivar os educandos, ajudando-os a organizar e usar cautelosamente as estruturas hierárquicas de conhecimento desenvolvidas.

Para NOVAK (1993) e GOWIN (1992) a teoria da aprendizagem significativa é de certa forma simples e lógica. No entanto, é necessário indagar: Como os professores podem ajudar seus alunos a aprender a se encarregar de montar seus próprios significados? Como ajudar os alunos a entender que suas mentes não são caixas de armazenagem dentro das quais se pode empilhar indiscriminadamente qualquer tipo de conhecimento? Para eles, seguindo os ensinamentos do mestre Ausubel, os professores devem ajudar seus alunos a entender que aprendizagem não é uma atividade que pode ser compartilhada mas é responsabilidade de cada um.

Nesse aspecto GOWIN (1992) afirma que não são os professores os causadores de aprendizagem, mas sim os educandos. Os professores podem e devem ajudar a montar uma agenda para a aprendizagem e também, se for desejável, podem compartilhar sua percepção dos significados das coisas com os alunos. Podem destacar ou ressaltar certos aspectos dos conceitos no sentido de direcionar a aprendizagem de modo a ajudar os educandos a avaliar sua compreensão. É importante fazer com que os estudantes entendam que a compreensão das coisas nunca é completa, pois é um processo interativo onde o educando vai gradualmente em direção ao maior entendimento. Buscar a plenitude em qualquer campo é um processo para a vida toda, que envolve experiências afetivas, como sofrimento e ansiedade por conta da dificuldade inicial ou da confusão mental ou a alegria e excitação que pode ser percebida e sentida quando o alunos conseguem adquirir novos significados.

### **3.8.1 - Usando organizadores prévios em hipertextos**

Embora possa parecer normal a utilização de estruturas cognitivas semelhantes a mapas, fluxogramas, organogramas, diagramas e até mesmo esquemas de aula, muitas vezes o professor não se dá conta de estar aplicando conceitos oriundos de teorias de psicologia de aprendizagem tão complexas. Isso sem falar de que muitas vezes deixa de processar uma adequada avaliação do processo de ensino-aprendizagem em decorrência desse desconhecimento. O mesmo pode-se supor estar ocorrendo agora com a maior utilização do hipertexto como ferramenta em ambientes virtuais de aprendizagem. É muito comum deparar-se com conteúdos colocados em páginas de disciplinas com a finalidade de aprendizagem estruturados na forma proposta pelos teóricos da aprendizagem significativa sem que o autor das páginas tivesse idéia clara do que estivesse fazendo. Quase sempre as páginas iniciais dos *sites* de ambientes de aprendizagem são muito semelhantes aos organizadores prévios, com mais ou menos substantividade ou não arbitrariedade e outras características desejáveis para um bom ambiente de aprendizagem significativa. Na Figura 11 é apresentado um exemplo da utilização de organizadores prévios em um ambiente de aprendizagem por meio de hipertextos para o ensino de construção civil, baseado em estruturas de hierarquias conceituais apresentadas por NOVAK in AUSUBEL *et al.* (1978).

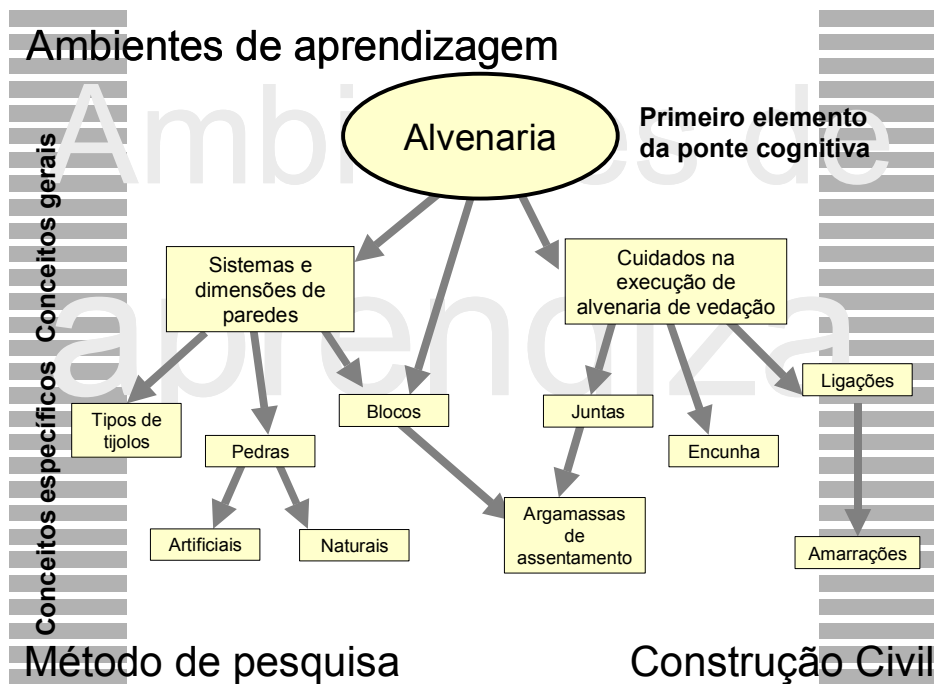


Figura 11 – Hierarquia conceitual para conceitos de execução de alvenaria

Uma outra forma de apresentação dos organizadores prévios adotados nas aulas do ambiente de aprendizagem estudado mostra os conteúdos a serem explorados sem a estrutura hierarquizada, a fim de permitir ao aluno uma maior liberdade (não induzi-lo a adentrar nos conteúdos de acordo com a hierarquia proposta) de navegação de acordo com sua estrutura cognitiva, ou seja, possibilitar que o aluno acesse a informação que lhe for mais significativa, na ordem que desejar. No caso específico de alvenaria de elevação foram considerados como fazendo parte da estrutura cognitiva dos alunos os conhecimentos prévios possivelmente apresentados em disciplinas anteriores do curso, como por exemplo: materiais de construção, desenho técnico, topografia, geologia etc. A Figura 12 procura mostrar a relação entre esses conceitos já existentes e os que são potencialmente desejáveis de ocorrerem por definição do professor que orienta a aprendizagem. É evidente que deixa de ser considerada aqui, embora importante, a estrutura cognitiva oriunda da vivência dos alunos em conceitos primários, tais como: casa, prédios, formas, volumes, movimento, produtividade e tantos outros.

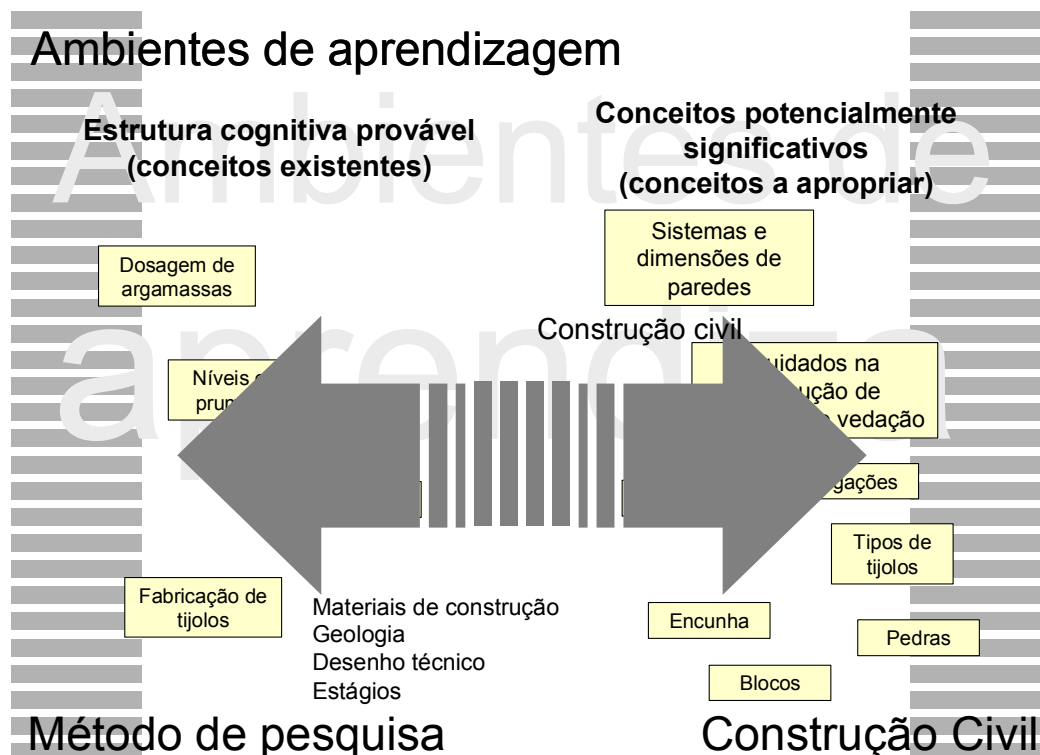


Figura 12 – Relação entre conceitos existentes e desejáveis na aprendizagem

### 3.8.2 – O uso de mapas conceituais na aprendizagem significativa

A idéia de organizar por meio de esquemas seqüenciais os conteúdos de ciências em classes escolares não é nova. Segundo NOVAK (1991), já em 1962, o NSTA (*National Science Teachers Association*) criou um comitê curricular para apresentar recomendações para melhorar o ensino de ciências em classes de até doze anos. O comitê recomendou que o currículo de ciências deveria ser direcionado para sete maiores esquemas conceituais de ciências, e que cinco processos principais deveriam ser enfatizados. Ao longo de todo esse tempo decorrido de lá para cá, as recomendações da NSTA receberam aprovações e condenações. Agora, um quarto de século depois, um novo esforço de esquematizar e de dar seqüência razoável ao ensino de ciências é apresentado, o que pode ser oportuno para reavaliar a idéia de complementar o entendimento dos grandes conceitos de ciência, agregando atividades e esforço mental que ajudem os educando a entender melhor o processo da ciência.

No ponto de vista de NOVAK (1991), a proposta curricular da NSTA fracassou em seu intento, na época, devido à falta de tecnologia adequada para trabalhar os esquemas recomendados e também porque colocou-se na posição de concorrência

com idéias apresentadas pela NSF (National Science Fundation) e outras agências federais. Entretanto, as recomendações apresentaram significativos avanços no entendimento acerca da aprendizagem humana, na história e na psicologia do ensino de ciências, o que têm ajudado a criar um novo ambiente intelectual para o processo de ensino-aprendizagem. O desenvolvimento de currículos e ensino de ciências direcionado para entendimento de conceitos como fundamentação para a educação em ciências é uma idéia que tem sido defendida cada vez com maior freqüência. Em vez de forçar os educandos a memorizar um enorme volume de fatos históricos, eventos da natureza e fórmulas, os professores podem combinar as idéias apresentadas nas propostas curriculares da NSTA com novas ferramentas educacionais (tecnologia de informação) para ajudar a fazer o estudo de ciências vir a ser conceitualmente transparente para nossos alunos.

NOVAK (1991) relata que há cada vez mais consenso entre os pesquisadores que estudam a aprendizagem humana de que as pessoas constroem seus próprios conceitos acerca de como as coisas funcionam. Os seres humanos são únicos na capacidade de usar símbolos (fala e escrita) para representar conceitos e construir relações entre esses conceitos para explicar como os eventos ocorrem ou como são as coisas, ou ainda, como elas funcionam. As pessoas definem conceitos com absoluta regularidade por meio de rótulos colocados nos eventos, objetos ou lembranças de eventos e objetos. Dois ou mais conceitos ligados formam uma proposição ou declaração sobre alguma coisa que ocorre naturalmente ou que tenha sido concebida ou construída pelas pessoas. NOVAK (1991) exemplifica o modo natural de rotulagem nas variadas formas: a frase “o céu é azul” é a proposição que faz a representação sobre a aparência do céu; “força é igual massa vezes aceleração” e “oferta e demanda determinam o preço” são proposições concebidas, a primeira a partir de uma ocorrência natural e a segunda se deve às atividades sócio-econômicas das pessoas.

NOVAK (1991) continua corroborando com os resultados dos estudos a respeito da mente humana, afirmando que a criação de novos significados requer a construção de novas proposições. A aquisição de novos conceitos é feita também, e principalmente, por descoberta. Essa é maneira de como as crianças adquirem seus primeiros conceitos e linguagens. Outra forma de aquisição de conhecimentos é a aprendizagem por recepção, que é a maneira como as crianças em idade escolar e

adultos adquirem a maior parte de seus novos conhecimentos. O maior problema na maioria das vezes na aprendizagem por recepção nas escolas é que os estudantes aprendem a memorizar definições e conceitos, ou rotinas para resolver problemas, mas fracassam no entendimento dos eventos, objetos, ou no relacionamento determinado pelos conceitos rótulos ou fórmulas. Por recepção, os educandos não adquirem um completo conhecimento dos conceitos nas definições ou fórmulas a eles apresentadas. Em classes de quatro ou cinco anos, a maioria dos estudantes tem aprendido a aceitar a aprendizagem dirigida e, por comodidade, acabam preferindo essa forma de ensino-aprendizagem a qualquer outro método mais eficaz.

Há um consenso entre os autores citados por NOVAK (1991) (Ausubel – 1963 - 1968, Bruner e Haste - 1987, Glass - 1965, Johnson, Johnson e Holubec - 1988, Popper-1982, Toulmin - 1972) e as recomendações da AAAS - 1989 (American Association for the Advancement of Science) e da NSTA – 1964 de que os educandos devem optar por construir seus próprios conhecimentos, mas também saber que novos conhecimentos devem ser construídos sobre bases de conhecimentos por eles já construídos (adquiridos) anteriormente. Para eles, o principal problema nesse processo se deve ao fato das pessoas levarem consigo aonde que possam ir, pré-conceitos, meios-conceitos ou idéias que de algum modo são incompletas ou incorretas. A falha de aprendizagem anterior faz com que a aprendizagem significativa de ciências seja dificultada. Esta é, quase que com certeza, uma das razões pela qual os professores freqüentemente pedem aos educandos que memorizem conceitos verbais ou rotinas para a solução de problemas. Já na aprendizagem mecânica (memorização) não ocorre a construção de conceitos sobre conhecimentos prévios e, portanto, não sofrem influência significativa dos pré-conceitos. Infelizmente, a informação aprendida mecanicamente é normalmente esquecida em duas ou três semanas se não ocorrer um reforço contínuo. Essa pode ser uma das razões dos estudantes irem tão mal nas avaliações de ciências. Pois mesmo com o aumento da carga horária para o estudo de ciências, a repetição dos mesmos tópicos, ano após ano, tem pouco efeito se o método predominante é a aprendizagem mecânica.

Outra importante evolução na área da psicologia educacional, ocorrido nas duas últimas décadas, segundo NOVAK (1991), tem sido o que os pesquisadores chamam de morte da epistemologia positivista. A Epistemologia é a parte da

Filosofia em que se conjugam a natureza do conhecimento e a produção de conhecimento, com vistas ao estudo crítico dos resultados alcançados pelas ciências conhecidas. Até 1960, positivismo (ou positivismo lógico ou empiricismo) foi a visão epistemológica dominante. Esse ponto de vista assegurou que cuidadosas observações e experimentações pudessem levar à descoberta da realidade sobre como as coisas funcionam. A produção de conhecimento foi vista como a maneira de objetivamente se conseguir da natureza os segredos de como as coisas funcionam. O que tem emergido fortemente na última década são as idéias da epistemologia construtivista. Nesse novo ponto de vista se procura explicar e entender a pessoa repleta de emoções, intrigas e outras fraquezas humanas. Dessa forma, os modelos explicativos da estrutura cognitiva humana sempre têm sido vistos como desdobramentos ao longo do tempo, às vezes baseados em velhas idéias, nas quais somam-se novas idéias, sendo que muitas dessas idéias são provenientes de massa crítica viva desenvolvida ao longo do passado da raça humana de meio bilhão de anos.

Segundo NOVAK (1991), os mapas conceituais são ferramentas educacionais relativamente novas. Na Figura 13 é mostrado um exemplo de mapa conceitual cujo objeto é o próprio mapa para formulação de conceitos. Qualquer conteúdo pode ser representado por mapas conceituais, incluindo aqueles assuntos que tratam primariamente de fazer coisas, tais como dançar ou praticar esportes. Os mapas conceituais geralmente procuram mostrar conceitos-chave, no caso as próprias chaves para conceitos e definições. Como está demonstrado, o mapa conceitual é estruturado hierarquicamente, sendo possível (não obrigatório) indicar o relacionamento entre os conceitos por meio de palavras de ligação (*linking*). Essas são as duas principais características de sistemas de representação de conhecimento.

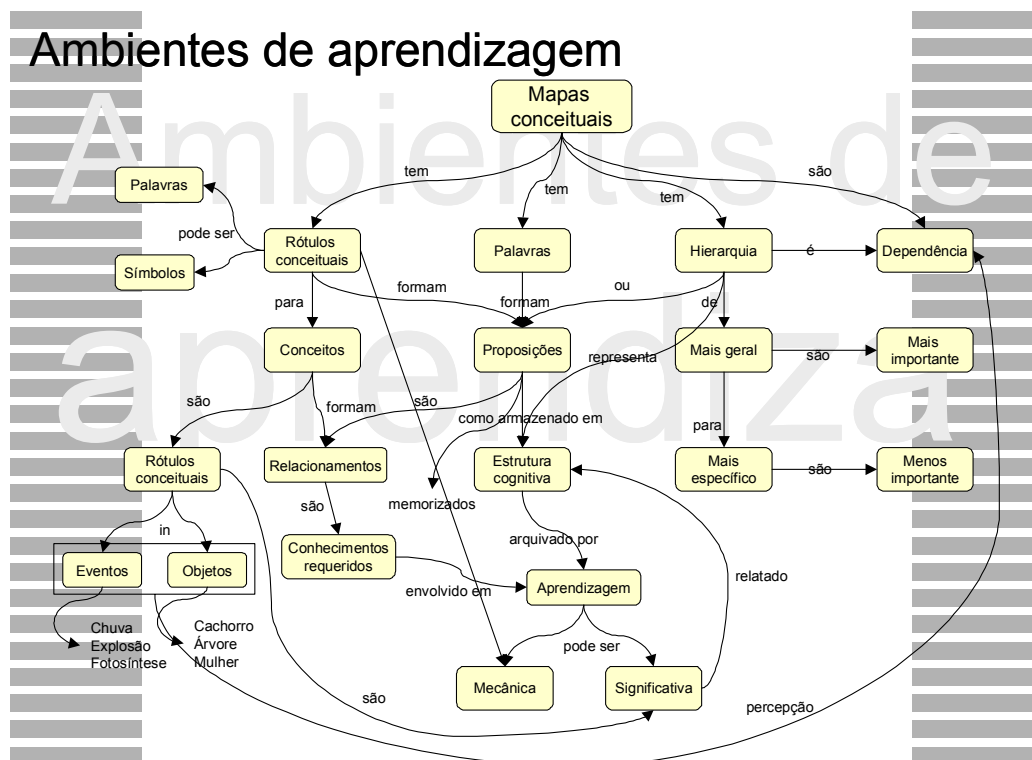


Figura 13 – Mapa conceitual do assunto mapas conceituais (adaptado de NOVAK, 1991)

Na experiência de NOVAK (1991), quando os estudantes são desafiados para construir pessoalmente seus próprios mapas conceituais de tópicos que irão ou estão trabalhando, eles encontram novos significados para o assunto e novas maneiras de explicar o que eles já sabiam a respeito, ou seja, essa prática de construção ou visualização do seu conhecimento pessoal ajuda na aprendizagem significativa. Nesses experimentos a matéria deixa de ser uma seqüência de definições a serem memorizadas ou de problemas a serem resolvidos segundo uma fórmula abstrata ou roteiro repleto de números e símbolos.

LAWSON (1994) e NOVAK (1991a, 1991b) alertam que nenhuma ferramenta de ensino-aprendizagem pode ser tomada como uma pílula mágica, que vai resolver de imediato todas as falhas anteriores de aprendizagem. Segundo NOVAK (1991), para a plena utilização dos mapas como instrumentos eficazes de aprendizagem são usualmente necessários muitos meses de prática, de avaliação e de acompanhamento para ensinar os alunos a construir bons mapas conceituais. Por outro lado, o próprio professor deve aproveitar esse longo tempo de treinamento do uso da ferramenta para aprender como melhor trabalhar junto aos alunos na construção dos mapas de conceitos e para também aprender a fazer críticas



construtivas durante o processo de modo a manter a atenção dos alunos aos objetivos da aprendizagem. Analogamente, pode-se dizer que o conhecimento é estruturado por conceitos e por relacionamentos entre esses conceitos, de forma muito semelhante às palavras que são seqüências de letras e frases, são relacionamentos entre as palavras, ou ainda, de maneira muito parecida com a estrutura da matéria que é feita de átomos. Entretanto, da mesma forma que uma simples apostila ou experimento de laboratório pode envolver trinta ou quarenta conceitos relevantes e talvez outros tantos conceitos menos relevantes, o número de maneiras com que esses conceitos podem ser permutados ou combinados é virtualmente infinito. Isso é o que faz com que a estrutura cognitiva de qualquer assunto possa parecer tão profundamente complexa e talvez explique o motivo pelo qual cada pessoa veja um mesmo domínio do conhecimento, por menor e sem importância que seja, tão diferentemente um do outro.

Segundo os autores citados por KRÜGER (2002) (Swan, 1995; Éden, 1991; Fiol & Huff, 1992, Franco, 2001; Montibeller, 1996; Ensslin *et al*, 2001), além, é claro de NOVAK (1991) e LAWSON (1994), os mapas conceituais podem ser usados para organizar e representar conhecimento. Em síntese, esses autores, indicam o uso de mapas cognitivos ou conceituais para representar conhecimento, crenças, relacionamentos e compreensões sobre um problema, pontos de partida para a solução de problemas, dar sentido e visualizar situações que apóiem a tomada de decisões. Nos experimentos de NOVAK (1991) ficou evidenciado que quando os professores (inclusive professores universitários) trabalham na construção de um mapa de conceitos para estruturar uma aula, uma demonstração, uma parte de um assunto ou um experimento de laboratório, sobre os quais desejam ensinar, eles acabam por obter também novas alternativas de significados (*insights*) que podem ser úteis para o processo de ensino-aprendizagem.

### **3.9 – Considerações sobre este Capítulo**

A pesquisa propõe desenvolver um modelo de ambiente de aprendizagem baseado em teoria já consolidada na literatura educacional, embora pouco difundida e aplicada de forma sistemática. A teoria da aprendizagem significativa serviu de fundamento para o modelo virtual, no qual implicitamente foi considerado o projeto pedagógico da disciplina em consonância com os objetivos do curso e mais

explicitamente com a proposta de ambiente anteriormente desenvolvido no PPGEF (*WEB-PCO<sup>TM</sup>*).

Para o desenvolvimento do método e para a sua aplicação, foi necessário sistematizar e adotar certa disciplina na fase de coleta de informações na sala de aula (conteúdos) e no canteiro de obras (informações e imagens). Além de pesquisar e aprender a teoria e aplicar os exemplos apresentados por Ausubel e seu principal seguidor (Novak), foi necessário que o autor exercesse o papel de moderador e facilitador do processo de aprendizagem, junto aos professores e alunos. As principais ferramentas utilizadas foram os organizadores prévios ou esquemas conceituais trabalhados a partir da estrutura cognitiva dos alunos e o hipertexto, entendido aqui como sendo o que faltava para adaptar para a prática os ensinamentos de Ausubel.

No capítulo seguinte, são apresentados o modelo de aprendizagem significativa, o canteiro virtual e o estudo de caso com a aplicação e avaliação da teoria de Ausubel.

#### **CAPÍTULO 4 – UM MODELO DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

A presente proposta de ambiente de aprendizagem tem por finalidade, entre outros aspectos, avaliar o processo de aprendizagem num ambiente virtual. O trabalho compreende o desenvolvimento de hipertextos na internet baseado nas seguintes fontes de informação: os conteúdos apresentados em sala de aula pelos professores, as referências indicadas pelos professores e a experiência prática dos professores no ramo da construção civil e em recursos de hipermídia existentes na internet. Os hipertextos assim que produzidos são colocados à disposição dos alunos por meio da rede mundial de computadores e/ou por rede interna de computadores das universidades. Na fase em que se encontram, os alunos deverão começar a intervir no processo, colaborando na construção de textos específicos e em debates/perguntas dirigidas a respeito dos conteúdos, ou ainda, apenas sugerindo melhoria dos textos apresentados.

A cada dia utiliza-se mais a internet no ensino de graduação e, dentro deste contexto, o ensino convencional vai sendo transformado pelas novas tecnologias computacionais. Com o surgimento e utilização da *World Wide Web* este aprendizado ficou ainda mais enriquecido. Considerando essa realidade e utilizando os recursos de hipermídia, busca-se neste trabalho o desenvolvimento de hipertextos que venham proporcionar uma renovação e uma nova forma de motivação para os estudantes. O material colocado no ambiente virtual, além de potencialmente facilitar o aprendizado na disciplina, virá de certa forma contribuir com o professor na preparação e atualização dos conteúdos de forma mais ágil e independente.

Pode-se dizer que hoje não existe na engenharia nenhuma área que não utilize o computador como uma ferramenta de trabalho, quer para projetar ou para executar obras. O computador e a internet neste trabalho de pesquisa oferecem aos professores e alunos uma série de recursos, como por exemplo: adequação dos conteúdos, economia de tempo, disponibilidade do material e precisão. Os conteúdos da disciplina são colocados aos poucos em forma de páginas na rede mundial e um mesmo conteúdo dado em sala de aula pode ser oferecido a outros alunos via internet, com alunos de outras instituições tendo acesso aos conteúdos.


É muito provável que o aluno dos dias atuais tenha tido sua iniciação de pesquisa na internet, seja para simples diversão como para realizar trabalhos

escolares no ensino fundamental e médio. Em vista disso, é oportuno aproveitar desse potencial do estudante e oportunizar a ele o acesso aos conteúdos da disciplina de uma forma mais rápida e mais atraente. O aprendizado do aluno pode ocorrer em qualquer lugar ou horário, a aula presencial é, sem dúvida, muito importante ao aluno, todavia o mais interessante seria que ele já tivesse conhecimento antecipado do assunto da aula para poder interagir com o professor e seus colegas que também pesquisaram a respeito antes do encontro presencial.

A disciplina objeto deste estudo conta atualmente com o envolvimento de dois professores e em média quarenta alunos anualmente. Neste ano, por coincidência, ocorreu uma mudança na grade curricular do curso fazendo com que a carga horária semanal passasse de quatro para três horas-aula. Isso obrigou os professores a terem de adequar o conteúdo com a nova carga horária, procurando-se conservar a mesma quantidade de informações repassadas nos anos anteriores.

Para acessar o conteúdo das aulas virtuais o aluno deve entrar no *site* da disciplina de construção civil (<http://www.uepg.br/denge/civil/index.html>) e escolher no menu principal da disciplina a opção aulas, que mostrará na janela principal as aulas disponíveis no *site*, conforme é apresentado na Figura 14. O interessado escolhe o assunto que deseja ver por meio de um simples clique na aula e abre-se nova janela com o assunto escolhido, conforme mostrado na Figura 15, logo a seguir.

**Ambientes de aprendizagem**



**Construção Civil**

**Aulas**

No Quadro a seguir estão relacionados os assuntos tratados na disciplina de **Construção Civil** da UEPG. Clique na aula que deseja ver (apenas as que têm link disponível) e bons estudos. Aceitamos sugestões para a melhoria do conteúdo didático e do material didático utilizado. Colabore enviando textos, fotos, vídeos ou estudos de caso para o [Prof. Luciano Vargas](#). **Boa aula!**

Serviços preliminares	<a href="#">Alvenarias</a>	Impermeabilização
Instalações das obras	<a href="#">Revestimentos</a>	Elevadores
Serviços iniciais Conhecimento do subsolo <a href="#">Locação da obra</a> Templagem para fundações e escaletamento	Esquadrias	Orçamentos
<a href="#">Fundações</a>	Revestimento de pisos	Cronogramas
Elementos de concreto armado	Coberturas e forros	Contratos

**Método de pesquisa**

**Construção Civil**

Figura 14 – Janela principal do *site* da disciplina

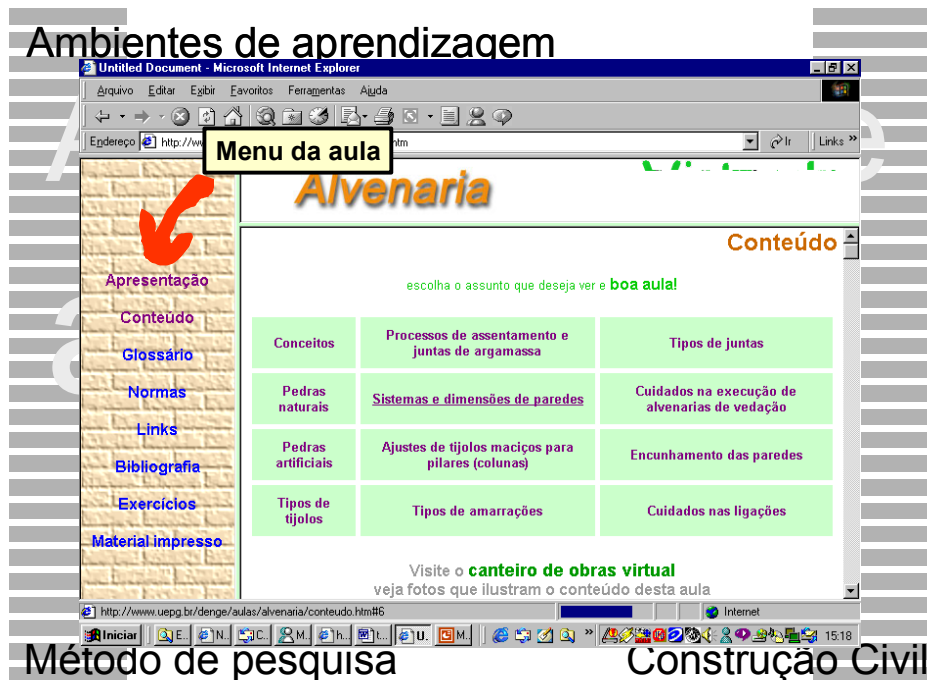


Figura 15 – Janela principal da aula de alvenaria

Na janela padrão das aulas, constituída de três *frames*, o aluno tem acesso às informações mais relevantes por meio do menu principal, tais como: apresentação dos objetivos da aula, conteúdo, glossário de termos técnicos específicos do assunto tratado, relação de normas técnicas (*links*), endereços de fornecedores, instituições relacionadas com o tema da aula, referências, exercícios (propostos e resolvidos) e acesso à ferramenta de *download* para o material impresso.

No início da aula o aluno pode ver um esquema com *links* para conceitos potencialmente significativos que pretende servir de ponte com a estrutura cognitiva do aluno imaginada pelo professor, numa tentativa de aplicação dos conceitos da teoria da aprendizagem de Ausubel. Na Figura 16 aparece uma estrutura hierarquizada de conceitos para a aula de execução de alvenarias.

## Ambientes de aprendizagem

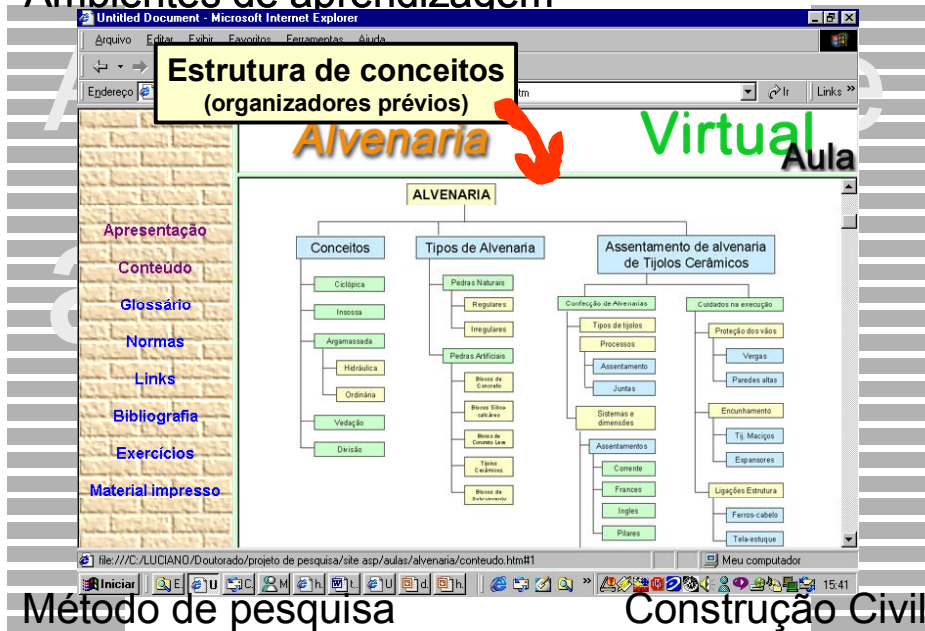


Figura 16 – Estrutura hierarquizada dos conceitos para execução de alvenaria

Na medida em que o aluno escolhe determinado tópico da aula para explorar, provavelmente o que lhe parecer mais atraente ou significativo e que diga respeito ao seu conhecimento anterior, ou ainda, dependendo da disciplina própria do aluno, seguindo a estruturação e seqüência dos assuntos, ele vai ao texto do referido tópico, como mostrado na Figura 17.

## Ambientes de aprendizagem

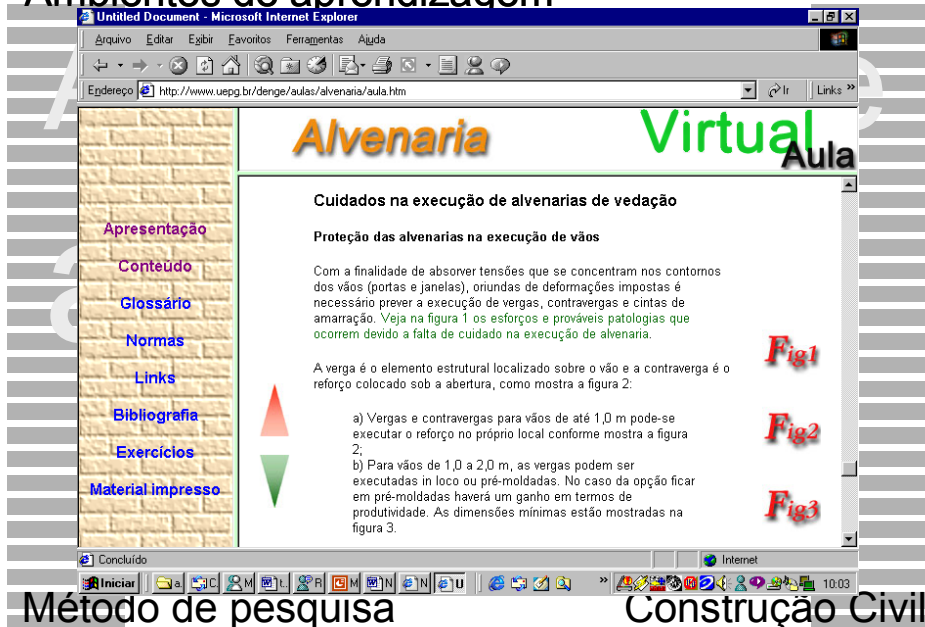


Figura 17 – Janela com tópico em hipertexto da aula de alvenaria

Para ver os detalhes do processo executivo mencionado no texto, basta clicar nos ícones colocados ao lado direito do texto. O detalhamento pode vir por meio de uma ou mais figuras, quadros, tabelas ou diagramas, conforme mostra a Figura 18.



Figura 18 – Detalhe construtivo de vergas em vãos (janelas).

#### 4.1 - Canteiro de obras virtual

A justificativa genérica para o presente trabalho é de que a proposição de um canteiro de obras virtual pode contribuir para acelerar o processo de transmissão de conhecimento e de compartilhamento de informações entre profissionais de engenharia, pessoal de obra e alunos de cursos de graduação. Ambientes e locais virtuais, onde existam informações sobre os processos utilizados na construção civil, sobre novos materiais e equipamentos, não são novidade. A rede mundial de computadores já apresenta muitos *sites* de empreiteiras, fornecedores, órgãos de normalização, instituições de ensino etc., que procuram disseminar novos procedimentos. No entanto, ainda há uma carência de informações efetivas sobre o cotidiano das obras e práticas consolidadas.

Em termos de processos de ensino-aprendizagem e até mesmo no compartilhamento de informações, o ideal parece ser a possibilidade do interessado (no caso, o aluno) acompanhar as obras a distância, desde seu início, conferindo de algum modo todas as etapas da execução da obra. Pode-se imaginar uma câmera

estrategicamente colocada no canteiro transmitindo imagens em tempo real para os alunos ou participantes do processo de compartilhamento de informações. Isso, no entanto, mantém a dificuldade relativa ao tempo disponível, pois profissionais e até mesmo alunos não disporão de tempo para ficar assistindo tudo. Além do que a transmissão de imagens em vídeo na internet ainda é lenta, tornando o processo, seja de aprendizagem ou de gerenciamento, um tanto cansativo e desestimulante.

Dessa forma, optou-se por apresentar os processos construtivos, procedimentos executivos e detalhes sob a forma de seqüências de fotografias e bilhetes com a descrição sumária dos procedimentos com o objetivo de conseguir uma maior eficiência no compartilhamento de informações e conhecimentos e eficácia na apropriação deles por parte dos alunos. Para o ambiente proposto essa forma de apresentação, chamada de célula de aprendizagem, é o nível onde ocorre o maior detalhamento da informação, aliando a imagem da obra com o conteúdo repassado na sala de aula ou orientado pelo professor. Na célula de aprendizagem mostrada na Figura 19, também é possível encontrar dicas do mestre-de-obras, de especialistas ou citação da norma técnica que eventualmente regula o assunto. Existe a previsão também da inserção de imagens em vídeo coletadas diretamente das obras para o ambiente virtual.

Foi necessário criar uma vinculação do canteiro de obras virtual com a disciplina Construção Civil do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Ponta Grossa para que a prática de obras ficasse aliada ao conteúdo, uma vez que a proposta trata de um ambiente de aprendizagem. Inicialmente (ano letivo de 2000), apenas os alunos da quarta série do curso da UEPG acompanharam o processo de implantação do canteiro, sendo estendido posteriormente aos demais alunos participantes (UFPr). Por meio do endereço da página da disciplina e com o objetivo de consolidar o conteúdo ministrado pelos professores na sala de aula, o aluno interessado pode entrar no canteiro virtual mediante a submissão de um cadastro (rápido e simples) e na página de abertura ele pode escolher a obra que deseja visitar, conforme é mostrado na Figura 20. Tem ainda no menu principal as opções de entrar e ver os controles tecnológicos de materiais possíveis de serem realizados no canteiro e contribuir para o canteiro enviando imagens e informações para o autor da página e, ainda, retornar para a página da disciplina.



## Ambientes de aprendizagem

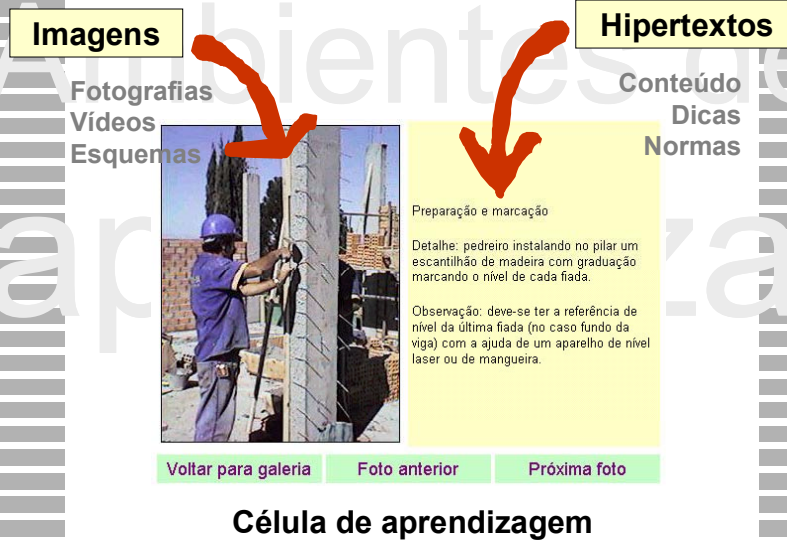


Figura 19 – Célula de aprendizagem do canteiro de obras virtual

## Ambientes de aprendizagem

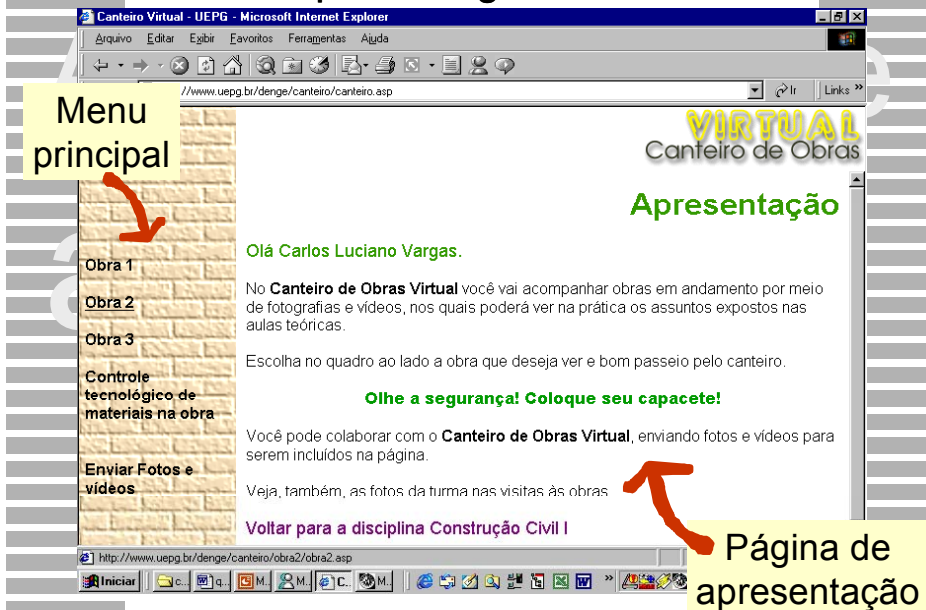


Figura 20 – Página inicial do site canteiro de obras virtual

Na página seguinte de apresentação da obra escolhida está colocada uma síntese das características da obra e do canteiro e as opções dos assuntos e ou procedimentos vistos na obra (fundações, alvenaria, instalações etc.) de acordo com o conteúdo da disciplina em sala de aula, conforme mostrado na Figura 21.

## Ambientes de aprendizagem

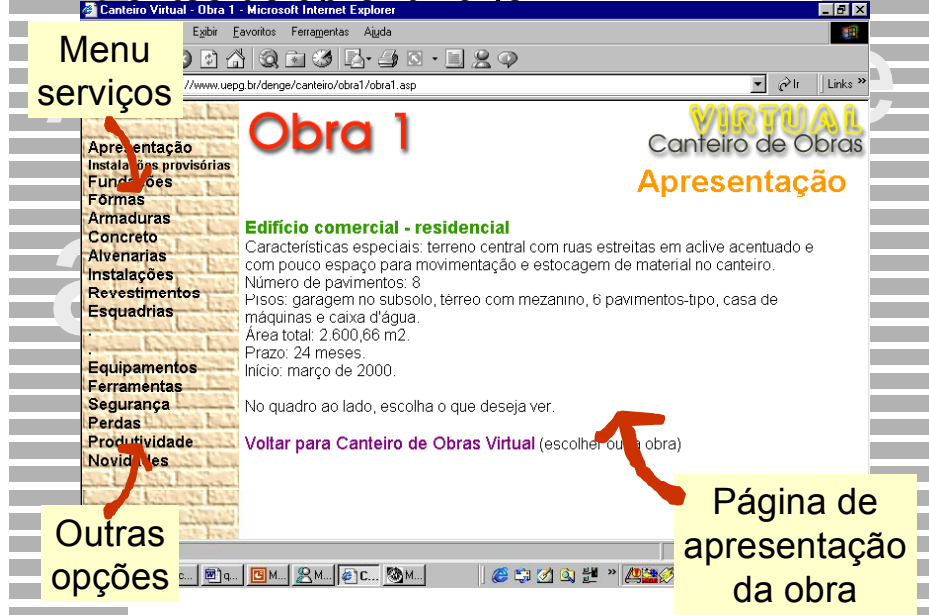


Figura 21 – Página de apresentação da obra 1

O terceiro nível do *site* apresenta a primeira seqüência de fotografias (imagem em *jpg – joint photographic group*) em tamanho reduzido do serviço escolhido pelo interessado. Nesta página também estão colocadas as opções para as outras seqüências de imagens sobre o assunto. As séries são colocadas de acordo com o andamento da obra (cronograma) e os conteúdos ministrados em sala. Na Figura 22 pode-se ver a página com a galeria de fotos e as opções de navegação do ambiente.



Figura 22 – Seqüência 1 da opção Fundações da Obra 1

Ao clicar sobre a imagem escolhida vai-se para o quarto nível do *site*, onde é mostrada a imagem ampliada com um bilhete explicativo sobre os detalhes observados (imagem + bilhete = célula de aprendizagem). Como está mostrado na Figura 23, além dos procedimentos relativos ao serviço executado o bilhete pode conter precauções e sugestões, ou ainda referência às normas técnicas pertinentes.

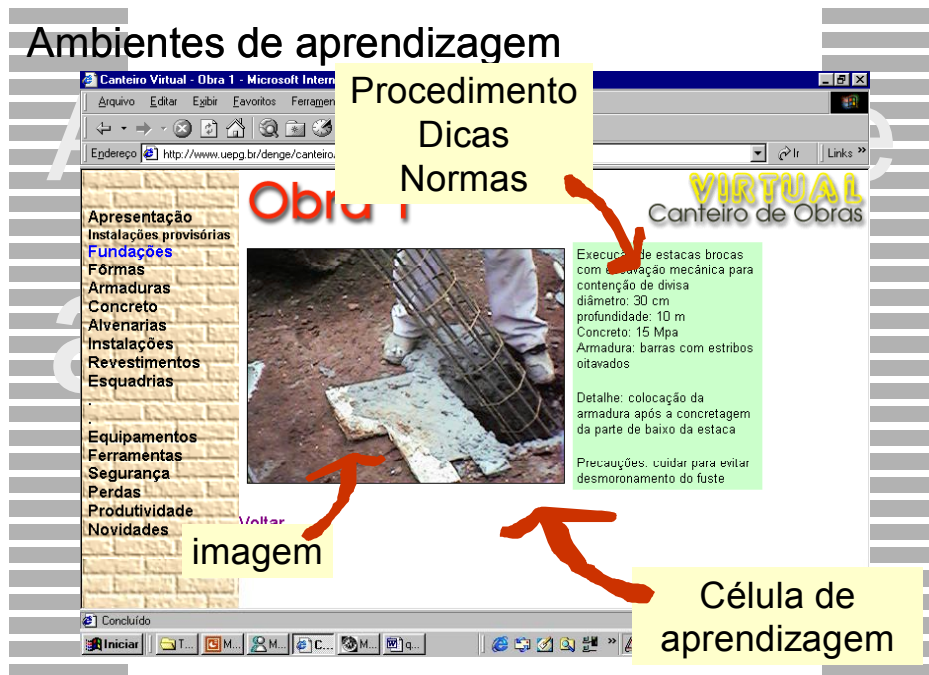


Figura 23 – Imagem ampliada e detalhes do serviço

## 4.2 – Estudo de caso – Aplicação e avaliação da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

Para verificar a aplicabilidade da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel como pressuposto teórico para esta tese, optou-se por condicionar o planejamento de pelo menos um dos assuntos ministrados na disciplina às sugestões passadas por Ausubel no desenvolvimento de sua teoria. No caso, o assunto alvenaria foi condicionado a pelo menos um aspecto fundamental da teoria que orienta o docente a procurar saber previamente o que o aluno sabe sobre o conteúdo a ser trabalhado, para daí organizar e/ou planejar sua aula. Desta forma, seguindo os preceitos do principal discípulo de Ausubel, NOVAK (1983), utilizou-se um instrumento de avaliação dos aspectos cognitivos presentes chamado de mapas conceituais (mapas cognitivos). Para tanto, foram selecionados ao acaso dez alunos da quarta série do Curso de Engenharia Civil da UEPG (cerca de 30% da turma),

com o objetivo de verificar o domínio médio de conceitos prévios desses alunos e por extrapolação da turma toda, quanto ao assunto alvenaria.

O assunto escolhido foi alvenaria por se entender que este tema básico do conteúdo traduz mais adequadamente os objetivos da disciplina levando em conta os aspectos de projetos de construção, de materiais e de sistemas construtivos inerentes à disciplina, além do volume de informações e profundidade da abordagem do professor em anos anteriores. Essas características levaram o autor e os professores a optar por esse assunto para aplicação do estudo de caso, considerando ainda, a relativa possibilidade dos alunos manifestarem a existência de conceitos prévios como ancoragem para os conceitos potencialmente significativos a serem trabalhados nas aulas. Na Figura 24 é apresentada a seqüência de procedimentos utilizados durante a entrevista para processar o levantamento da estrutura cognitiva dos alunos em relação ao assunto.

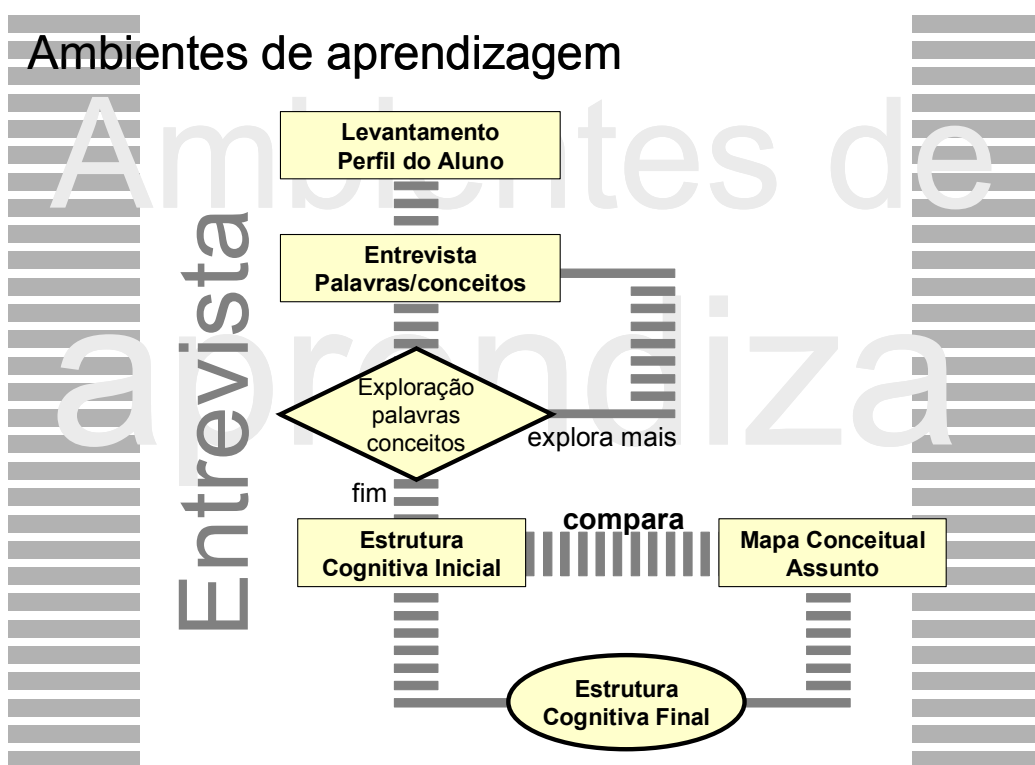
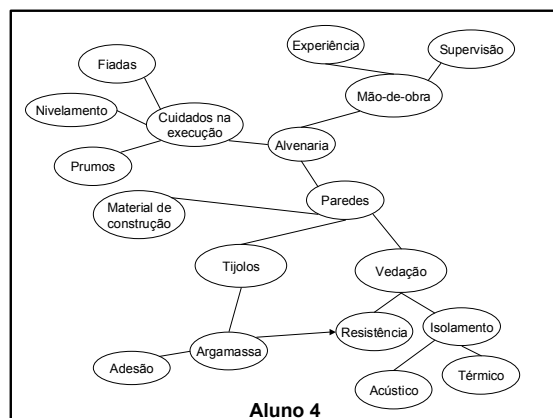
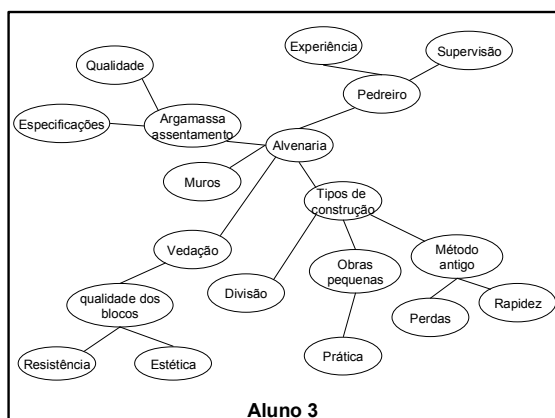
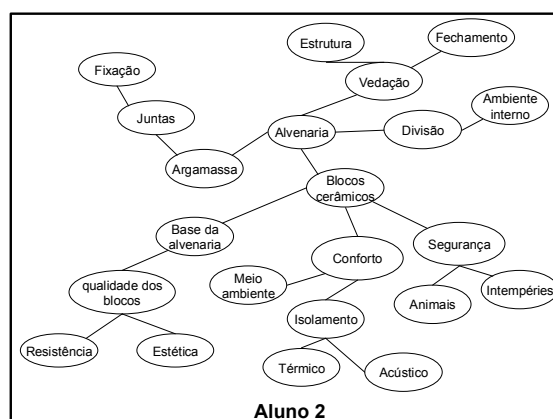
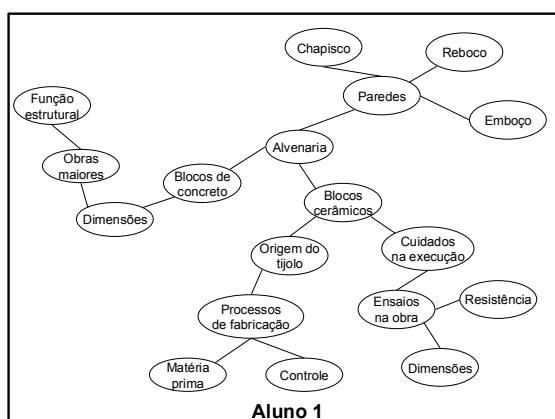


Figura 24 – Seqüência de procedimentos adotados na entrevista

Foi procedido, então, o levantamento da estrutura cognitiva dos alunos em relação ao assunto alvenaria por meio de entrevistas individuais. Preliminarmente, os alunos foram indagados a respeito do seu perfil relativo aos conteúdos anteriores. Este levantamento indicou o perfil de alunos que estão cursando a disciplina pela

primeira vez, estão realizando ou realizaram estágio em áreas diversas (projetos, avaliações e cadastro técnico), sendo que apenas um dos entrevistados faz estágio em construção civil. O perfil mostra, ainda, que os alunos costumam ler com frequência textos técnicos, julgam possuir pré-requisitos entre bons e razoáveis para cursar a disciplina e têm rendimento entre bom e razoável no desenvolvimento do curso.

Na sequência, os alunos foram indagados sobre seu conhecimento sobre o assunto alvenaria, solicitando-se ao aluno que dissesse tudo que vinha a mente a partir desta palavra-chave e assim sucessivamente, a partir das demais palavras e conceitos colocados pelo aluno, até que ele pudesse dizer que nada mais poderia falar ou especificar. Concluído o processo exploratório, foi solicitado ao aluno que fizesse a conexão entre os conceitos, caso este entendesse existir alguma vinculação entre eles, por meio de linhas de fluxo, procurando desta forma estrutura o conteúdo. A seguir são apresentados os mapas cognitivos dos alunos da forma com que foram obtidos nas entrevistas:



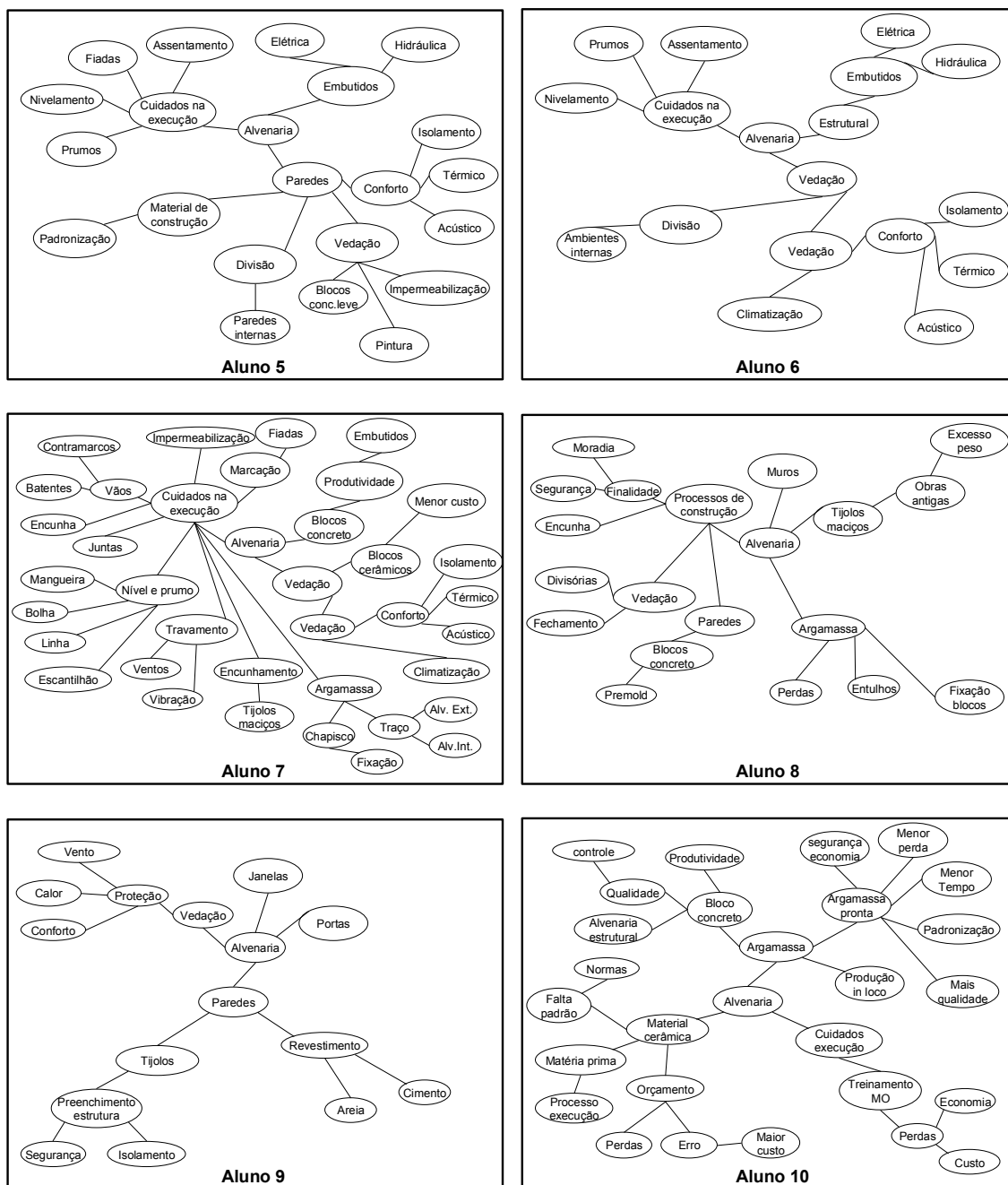


Figura 25 – Mapas das estruturas cognitivas dos alunos do assunto alvenaria

Com base nos mapas conceituais levantados junto aos alunos, percebe-se que determinados conceitos são comuns na maioria das estruturas cognitivas, como por exemplo: vedação e isolamento (térmico e acústico) mostrando que o entendimento prévio dos alunos indica ser a alvenaria uma solução para vedar e proteger as construções contra ação do meio externo; conceito de blocos e tijolos, argamassas de assentamento e revestimento, origem dos tijolos, cuidados na execução (nível e prumo), qualidade, o que mostra a sua preocupação com os processos executivos da alvenaria levando-se em conta os aspectos de garantia de

segurança, resistência e conforto. Nos quadros a seguir, são mostradas a estatística resumida das citações dos conceitos e a relação dos conceitos mais citados nas entrevistas.

Ambientes de aprendizagem	
Estatística dos conceitos mais citados (significativos) nas entrevistas	
Número médio de palavras conceitos	21,7
Maior número de palavras conceitos	39
Menor número de palavras conceitos	16
Número médio de conceitos iniciais	3,3
Maior número de conceitos iniciais	4
Menor número de conceitos iniciais	3
Total de entrevistas = 10	

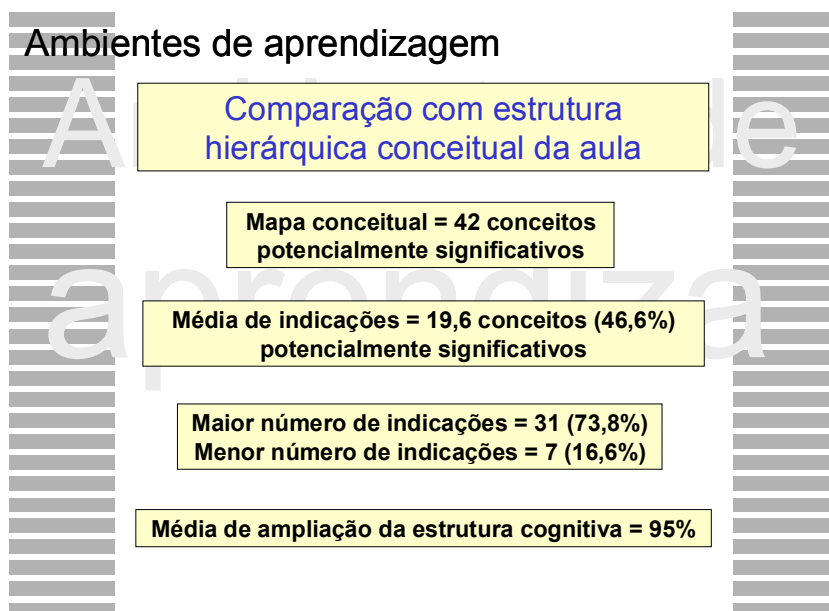
Quadro 2 – Resumo estatístico dos conceitos mais citados nas entrevistas

Ambientes de aprendizagem	
Conceitos mais citados (significativos)	
Vedação	7
Isolamento	6
Argamassa	5
Qualidade	5
Térmico	5
Acústico	5
Cuidados na execução	5
Blocos de concreto	4
Resistência	4
Segurança	4
Conforto	4
Nivelamento	4
Embutidos	4
Total de entrevistas = 10	

Quadro 3 – Resumo dos conceitos mais citados

Para chegar à estrutura cognitiva final do coletivo dos alunos relativa ao assunto alvenaria, foi mostrado durante a entrevista o mapa conceitual da aula (estrutura hierárquica conceitual) elaborada pelo professor com base na experiência anterior junto à disciplina. Nesta etapa, foi solicitado aos alunos que marcassem no esquema os conceitos que de alguma forma conheciam, além daqueles já citados

por eles na elaboração e exploração das palavras conceitos. Este método mostrou que os alunos conheciam mais conceitos do que os inicialmente citados e, por conseguinte, ocorreu uma ampliação de 95% em relação à estrutura cognitiva inicial.



Quadro 4 – Resumo da comparação entre cognição média e a aula

Essas informações serviram de direcionamento para a abordagem dos conceitos pelo professor na sala de aula, embora não fosse necessário alterar o conteúdo informacional da aula. Aqueles conceitos que foram considerados significativos pelos alunos tiveram um tratamento em termos de destaque e de tempo de explanação e discussão mais alongado. Os demais conceitos foram sendo provocados pelo professor no desenvolvimento das aulas com o objetivo de fazer com que a estrutura cognitiva modificada fosse tornando-os potencialmente significativos. De qualquer maneira o conteúdo foi totalmente explanado, onde foi possível verificar, no acompanhamento às aulas, que determinados conceitos, mesmo não figurando nos levantamentos feitos junto aos alunos (estruturas cognitivas anteriores), tornaram-se potencialmente significativos em função de intervenções em sala (dúvidas levantadas e discussões).

O mapa conceitual apresentado na Figura 26 mostra a estrutura hierárquica conceitual da aula alvenaria, contendo a média dos conceitos que figuram nas estruturas cognitivas dos alunos, mais os conceitos mínimos necessários de acordo com a ementa da disciplina e o conteúdo proposto para a disciplina. O mapa foi



elaborado para auxiliar o professor na visualização dos conceitos já conhecidos ou pelo menos citados pelos alunos.

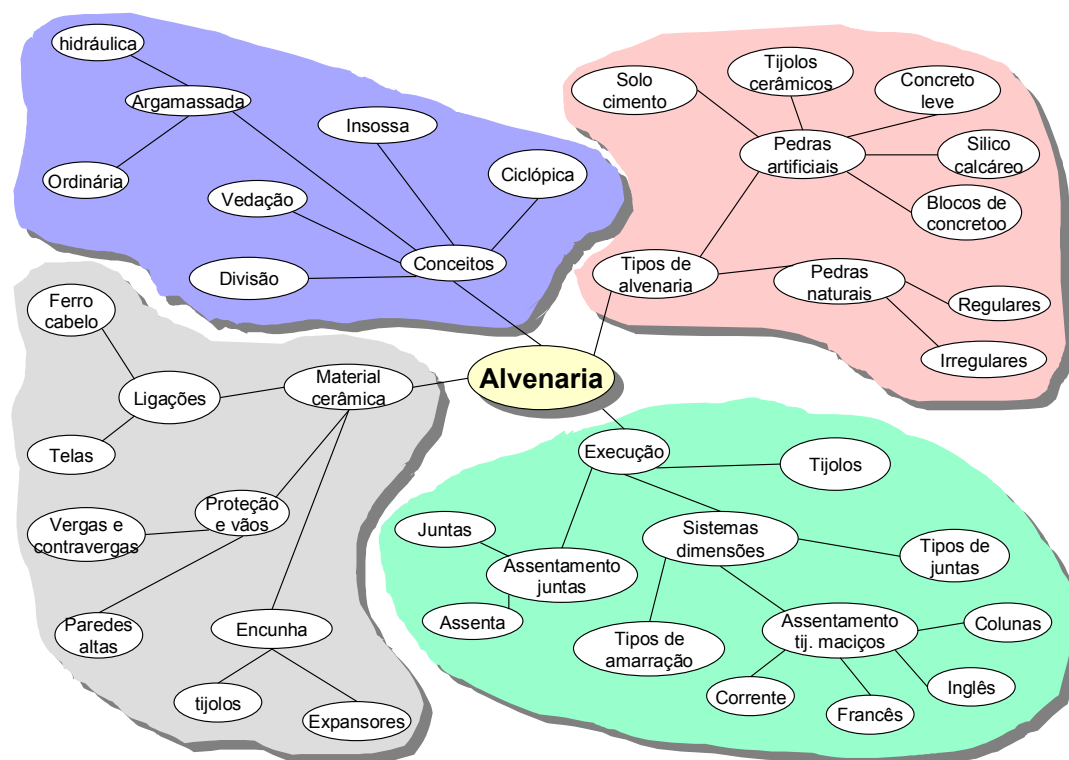


Figura 26 – Estrutura hierárquica conceitual da aula alvenaria

Para avaliar o desempenho dos alunos no modelo proposto neste estudo de caso, foi elaborado em conjunto com os professores da disciplina um teste de avaliação que procurasse também atender as propostas de David Ausubel para a aprendizagem significativa. Além da estrutura de conceitos trabalhada na aula, considerando o assunto alvenaria e o ambiente de células de aprendizagem mostradas no canteiro de obras virtual, o teste de avaliação segue as proposições de Ausubel no que tange à forma de verificar o aprendizado. Na sua teoria, Ausubel propugna que o aluno (aprendiz) seja incitado, no momento da avaliação, a resolver problemas práticos de seu cotidiano. No caso, por se tratar de aprendizagem voltada para o ensino de construção civil, optou-se por considerar o cotidiano do aluno como sendo o canteiro de obras, ficando, portanto, necessário formular questões no teste de avaliação de forma a fazer com que o aluno tivesse que resolver problemas relacionados com o que ocorre nos canteiros de obras. No quadro a seguir é mostrado um exemplo de questão que busca levar o aluno a pensar no sentido de encontrar a solução mais indicada, seja com base na teoria trabalhada na sala de

aula seja pela prática observada e apropriada junto ao canteiro de obras, com vistas a resolver um problema de obra bastante corriqueiro.

## Ambientes de aprendizagem

Você foi chamado por um incorporador imobiliário para verificar alguns problemas ocorridos numa obra que esteve paralisada nos últimos seis meses. O engenheiro que respondia pela execução pediu baixa de responsabilidade junto ao CREA e aos demais órgãos públicos e está impossibilitado de dar continuidade aos serviços. O proprietário resolveu contratar você para dar continuidade aos trabalhos. Na edificação já foi executada toda a estrutura em concreto armado (pilares, vigas e lajes maciças) de 10 pavimentos, a alvenaria de vedação e de divisão com tijolos cerâmicos de 6 furos até o 4º andar e revestimento interno com chapisco (1:3) e emboço (1:2:8), também até o 4º andar. Numa primeira inspeção, o que mais se destaca é uma fissura vertical (trinca, segundo o proprietário) na ligação dos pilares e da alvenaria. A partir do enunciado acima responda as próximas questões.

### 3ª Questão (1,5)

- a) Esclareça para o proprietário o que pode ter ocorrido, ou seja, quais as falhas no processo de execução da ligação;
- b) oriente o novo mestre-de-obras como proceder nos andares que ainda não foram executadas a alvenarias de vedação e divisão;
- c) faça um croqui (desenho), indicando o que deve ser feito para garantir a perfeita ligação entre pilares e alvenaria.

### 4ª Questão (1,5)

Na conversa preliminar com o novo mestre você notou que ele tem uma idéia errada a respeito do encunhamento das paredes. Assim sendo esclareça com ele os seguintes pontos:

- a) comente como é feito tradicionalmente o encunhamento de paredes;
- b) diga a ele qual o melhor momento para se executar o encunhamento e em que sequência, se dos andares superiores para baixo ou ao contrário;
- c) explique os novos métodos e materiais utilizados para fazer o encunhamento (utilize croqui se achar necessário).

### 5ª Questão (1,0)

Outra falha que você notou é a falta de contravergas nas aberturas das janelas, pois ainda não há requadros nem contramarcos colocados. Explique ao mestre e ao proprietário o seguinte:

- a) o que são contravergas e como podem ser executadas?
- b) qual patologia poderá vir a ocorrer pela falta de contravergas? (faça um croqui para mostrar o defeito).

## Quadro 5 – Questões do teste de avaliação da aprendizagem

No quadro a seguir é mostrado o padrão de respostas esperado dos alunos, com base no conteúdo teórico repassado nas aulas e nas informações constantes nas células de aprendizagem do canteiro virtual.

## Ambientes de aprendizagem

### 3ª Questão (1,5)

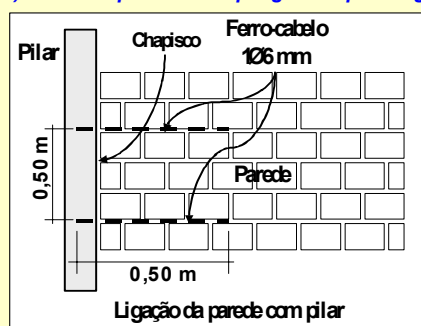
#### a) esclareça para o proprietário o que pode ter ocorrido, ou seja, quais as falhas no processo de execução da ligação;

O que provavelmente ocorreu foi a falta de ligação com a estrutura na execução da alvenaria e como os materiais são de naturezas diferentes e, portanto, com coeficientes de dilatação distintos, acabou por apresentar a fissuração no plano vertical de encontro entre pilares e paredes. Esse tipo de patologia não tem implicação de ordem estrutural, apenas de estética.

#### b) oriente o novo mestre de obras como proceder nos andares que ainda não foram executadas a alvenarias de vedação e divisão;

Antes de iniciar a execução da alvenaria, deve-se lavar a superfície dos pilares, retirar materiais aderidos, gravas, limbos e chapisco com argamassa de cimento e areia 1:3 e inserir os ferros de espera (ferro-cabelo)  $\Phi 6$  mm embutidos em furos de 10 a 12 cm, executados com broca vadeira de 8 mm e colados com resina epóxi (Compound da SIKA), com espaçamento médio de 50 cm e transpasse de 50 cm.

#### c) faça um croqui (desenho) indicando o que deve ser feito para garantir a perfeita ligação entre pilares e alvenaria.



Quadro 6 – Padrão de respostas esperado na avaliação da aprendizagem

Analisando por comparação as respostas dos alunos nos testes de avaliação da aprendizagem podem ser encontrados indícios reveladores de que uma parte dos alunos conseguiu apropriar (fixar) os conteúdos tanto do material impresso fornecido nas aulas, quanto das informações constantes nas aulas virtuais e no canteiro de obras virtual. Essa constatação ficou facilitada pela colocação propositada de informações incoerentes entre si e/ou complementares, colocadas no conteúdo das aulas e no canteiro, o que poderia levar o aluno menos atento ao canteiro virtual a responder apenas de acordo com o conteúdo mostrado no material impresso ou nas aulas da página da disciplina. No exemplo mostrado, foi colocado no material impresso e na aula virtual a figura do croqui para a amarração dos pilares com a alvenaria indicando que o comprimento das barras de ferro (ferros-cabelo) seria de 1,5 metro (o correto é 0,50 metro) e nas fotografias do canteiro virtual aparece o mesmo detalhe com o comprimento correto. Assim, é de se supor que a resposta padrão fornecida por nove dos vinte e nove alunos que realizaram a avaliação foi conseguida pela complementação de informações das aulas e do canteiro, considerando a possibilidade de que a apropriação de conteúdo possa também ter sido conseguida por outros meios (estágios, bibliografia, textos técnicos etc.). Nas

figuras a seguir são mostrados os detalhes das informações que foram objeto do estudo de caso.

### Ambientes de aprendizagem

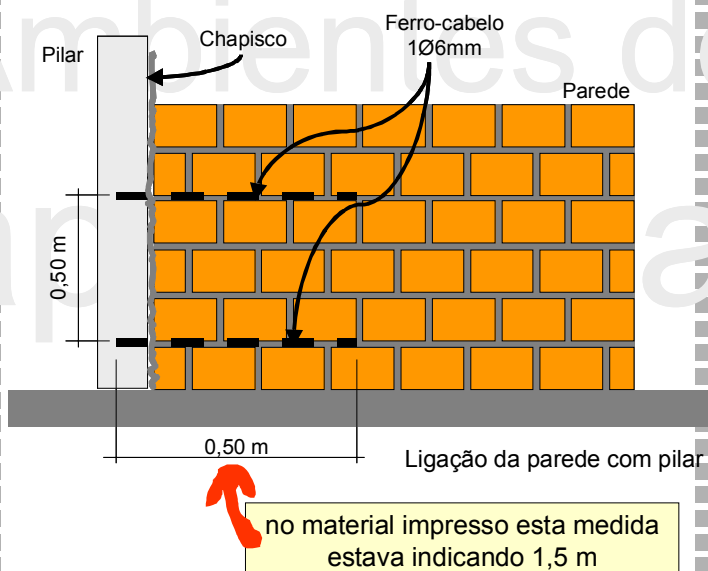


Figura 27 – Croqui de ligação padrão de pilar com alvenaria

### Ambientes de aprendizagem

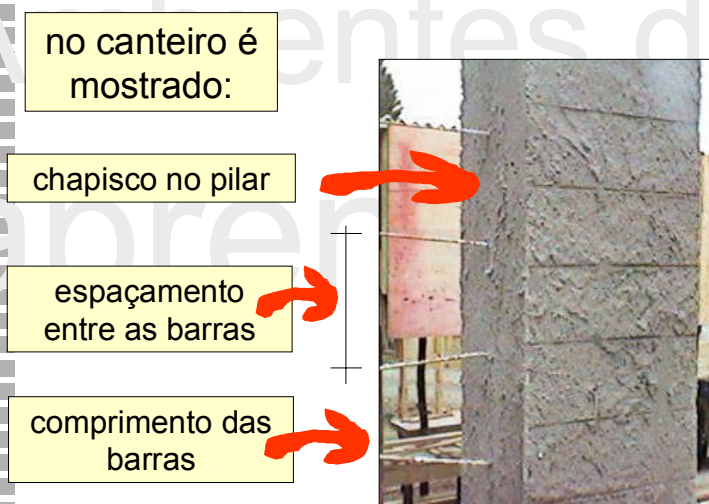


Figura 28 – Detalhe da preparação da ligação pilar -alvenaria

### **4.3 - Avaliação e validação pedagógica e ergonômica do ambiente**

A etapa final do método escolhido consistiu na sistematização da avaliação e validação, embora seja importante dizer que o processo de avaliação do ambiente permeou todo o processo, desde as fases iniciais até agora. Em vários momentos, utilizaram-se de instrumentos de verificação (entrevistas e questionários) para fazer ajustes ou mesmo modificações de rumo. Na sistemática adotada procedeu-se uma primeira avaliação do ambiente ao final do ano letivo de 2001 e no primeiro semestre de 2002 para testar os instrumentos de avaliação e o rendimento dos alunos na utilização do ambiente. Na fase final, foi disponibilizado no próprio ambiente (página na internet) um instrumento de avaliação para ser utilizado por professores, especialistas e alunos, com o objetivo de obter a validação do ambiente proposto. Na Figura 29 é mostrada a seqüência operacional do processo de avaliação aplicado.

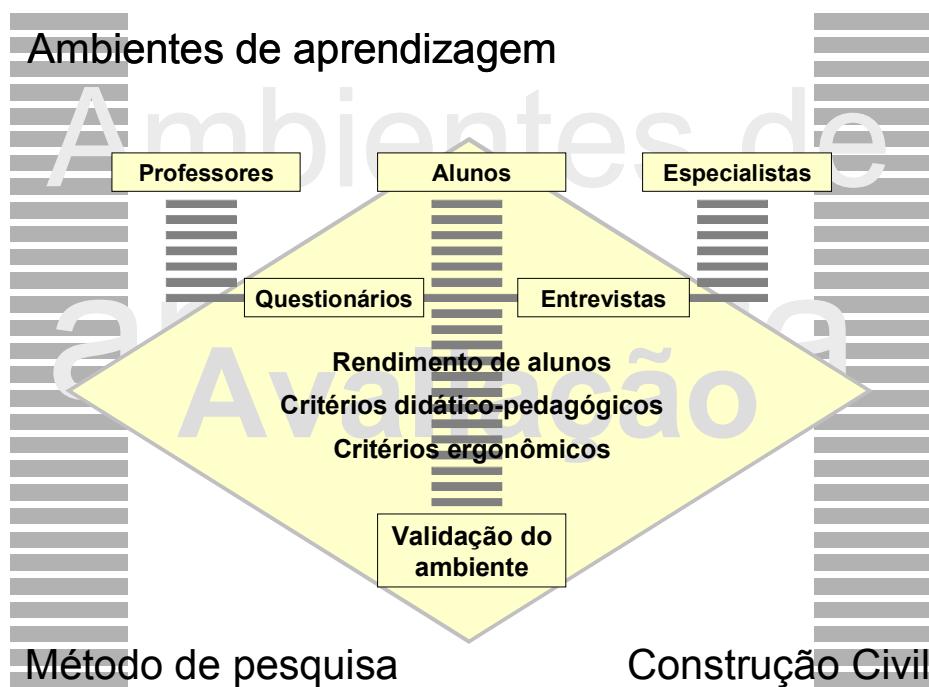


Figura 29 – Processo de avaliação do ambiente de aprendizagem

O principal método de avaliação utilizado para verificar a validade do ambiente para o processo de ensino-aprendizagem foi uma adaptação do sistema desenvolvido por SILVA (2002), no qual é disponibilizada uma lista de verificação para um potencial avaliador, seja ele usuário (professor ou aluno) ou um interessado em conhecer e avaliar o ambiente. Na lista de verificação adaptada (*checklist*) foram colocadas questões que tem por objetivo verificar o perfil do avaliador, a sua opinião em relação aos aspectos da interface (ergonômicos) e a contribuição didático-pedagógica do ambiente para o ensino em cursos de engenharia.

A lista de verificação adaptada foi disponibilizada na página da disciplina na internet, sendo enviada uma comunicação para cento e cinquenta e dois professores em sua maioria da área da engenharia civil (docentes, pesquisadores, doutorandos) de quase todas as instituições brasileiras. Desses apenas treze professores responderam em tempo hábil para que fosse possível tabular e apresentar os resultados. O ambiente de avaliação continua à disposição da página com algumas alterações sugeridas por esses professores, como por exemplo, a divisão em partes menores de modo a não ficar tão cansativa a avaliação *on line*. Da mesma forma foi solicitado via *e-mail* que os alunos participantes do ambiente no período compreendido pela pesquisa (2000-2002) processassem a avaliação, sendo que de um total de duzentos e quarenta e dois alunos (UEPG e UFPr), apenas dezenove alunos enviaram sua avaliação. A causa mais provável para a baixa participação dos

alunos foi a coincidência com o período de provas e a dificuldade dos mesmos com as questões colocadas, principalmente as que buscam avaliar a parte pedagógica do ambiente.

Considerando que até o momento do fechamento deste trabalho não havia número suficiente para uma tabulação adequada, optou-se por não se apresentar os resultados em forma de dados estatísticos, mas sim em termos de comentários gerais, levantando os aspectos que mais foram apontados pelos avaliadores, levando em conta além das respostas e sugestões enviadas via avaliação disponibilizada na página, como as enviadas via e-mail ao longo do desenvolvimento do trabalho.

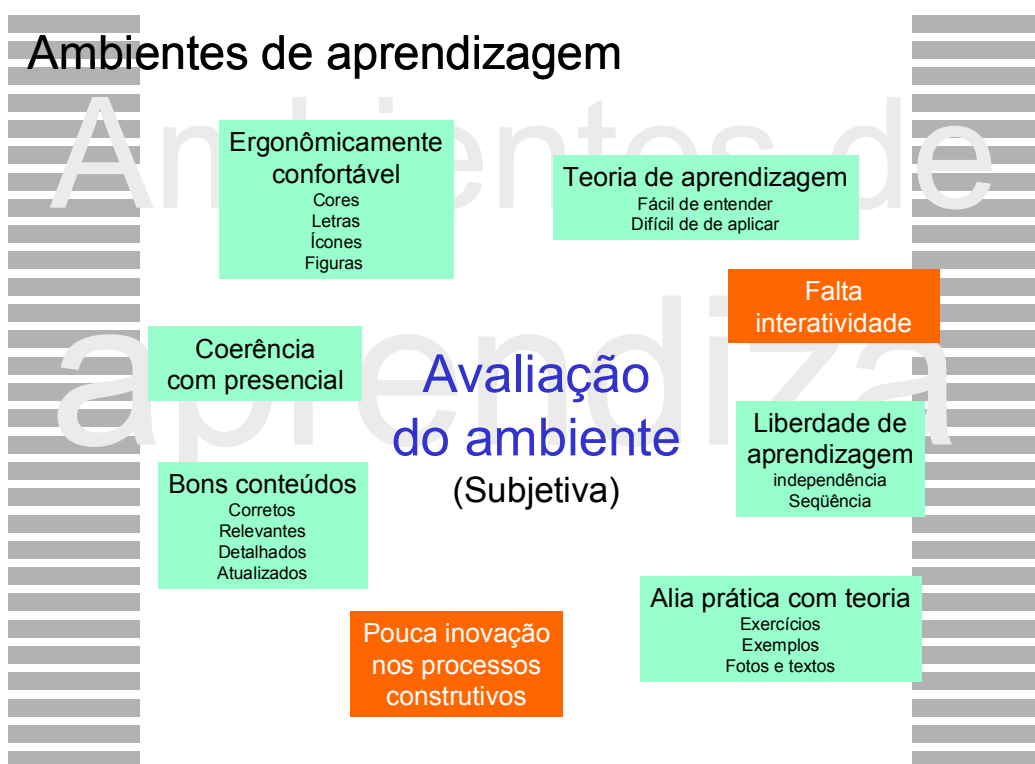
Tomando por base os comentários dos professores e alunos nas características apontadas e nas sugestões depreende-se que o ambiente é útil e contribui para o processo de ensino e aprendizado. Está adequadamente baseado em teoria que dá mais importância para os aspectos cognitivistas do que comportamentais da aprendizagem. Segundo os avaliadores, o ambiente apresenta critérios concretos de aprendizagem, tais como conteúdo, exercícios e apoio na prática do canteiro. O ambiente atua como facilitador para a aprendizagem por experiência e a motivação é dependente do próprio aprendiz, mas o ambiente por ter conteúdos bem apresentados contribui para uma motivação maior do aluno. O ambiente proporciona total liberdade para a evolução do aluno no aprendizado, embora esteja adequadamente estruturado de modo a fornecer para o aluno a estrutura sugerida (seqüência de conteúdo).

A principal e mais freqüente crítica dos avaliadores em relação ao ambiente proposto como sendo de aprendizagem é a falta de interatividade. Foi unânime a afirmativa de que o ambiente tivesse de proporcionar a interatividade usual de ambientes de aprendizagem suportadas por computador, seja para o processo homem-máquina, isto é, do aluno com o conteúdo, disponibilizando meios de verificação da aprendizagem ao mesmo tempo em que o aluno fosse evoluindo no ambiente. Faltou, também, segundo esses avaliadores a interatividade do homem-homem, tal como entre o professor e os alunos e entre os próprios alunos. Nesse quesito a constatação é de que o ambiente é pobre em interatividade, o que faz dele muito mais um ambiente de busca de informação e de apoio à aprendizagem presencial, como se fosse um livro virtual, de certa forma bem estruturado e,

segundo alguns, adequadamente dotado de exemplos de práticas bem vinculadas com a teoria.

Outro aspecto desconfortável, segundo os professores que enviaram a avaliação disponível *on line*, foi a de que houve, por parte deles, certo despreparo para entender algumas das questões da parte didático-pedagógica e ergonômica. A sugestão deles vai no sentido de enviar a avaliação para outros professores das áreas específicas (educação e ergonomia), para se obter maiores subsídios para a melhoria do ambiente.

Em resumo, depreende-se das sugestões e avaliações enviadas que o ambiente proporciona um espaço para ser utilizado como suporte para o trabalho presencial e com alguma modificação e termos de interatividade poderá ser bem usado também no ensino a distância. No quadro a seguir, foram colocados os principais pontos indicados como características do ambiente e como sugestões de melhoria.



Quadro 7 – Características e sugestões obtidas na avaliação do ambiente

Em termos quantitativos o ambiente foi proposto para ser trabalhado com alunos dos últimos anos (quarta e quinta séries) de cursos de engenharia civil, considerando um universo de aproximadamente cento e vinte alunos (anos 2000, 2001 e 2002 com quarenta alunos em média por ano). O controle de acessos do ambiente registrou desde janeiro de 2001 (quando foi colocado à disposição na



internet) um total de quinhentos e quinze usuários, entre professores, alunos e visitantes interessados, sendo que o total de visitas durante esse período foi de dois mil, cento e cinquenta e quatro acessos, perfazendo uma média aproximada de quatro visitas por usuário cadastrado. Considerando apenas os alunos a média aproximada de acessos sobe para doze visitas por aluno, o que significa que o aprendiz entrou no ambiente do canteiro em número condizente com a diversidade de assuntos lá colocados.

#### **4.4 – Considerações sobre este Capítulo**

No estudo de caso apresentado é possível perceber que a aplicação da Teoria da Aprendizagem Significativa implica em tanto envolvimento quanto qualquer outro método de ensino-aprendizagem e que é possível fazer um trabalho de preparação individualizado em cada um dos assuntos a serem trabalhados nas aulas. O estudo de caso mostra como o ambiente pode traduzir de forma simples a aprendizagem por meio de conceitos com a utilização das células de aprendizagem (imagem *plus* texto) e a sua avaliação como ambiente de aprendizagem, levando em conta o perfil do aluno, o conhecimento prévio, a exploração de conceitos e a elaboração dos mapas cognitivos.

Ao final foi executada a avaliação e a validação do ambiente com a utilização de um método adaptado a partir de um sistema de avaliação que permitiu a alunos e professores processar uma verificação de todos os elementos do ambiente (critérios pedagógicos e ergonômicos).

No capítulo final, a seguir, são apresentadas as conclusões pertinentes a este trabalho, sobre as quais se procurou ser o mais isento possível, considerando a liberdade extrema possibilitada pelo método e as recomendações do autor para pesquisas futuras ou para a continuidade e melhoria deste trabalho.

## **CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Embora não seja uma conclusão exclusiva deste trabalho, pode-se verificar que os ambientes de aprendizagem evoluíram com a agregação de tecnologia nos processos de EaD. Nas fases iniciais, com os cursos de primeira e segunda geração, o ambiente promovia um maior isolamento do aluno, muito pouca interação com o professor e praticamente nenhuma interação com os outros estudantes. Com as mídias mais recentes a interação ficou sensivelmente facilitada, proporcionando ambientes que favorecem a aprendizagem colaborativa. A tecnologia e as mídias procuram chegar ao mais próximo possível do ambiente da sala de aula, a qual se supõe ser o ambiente mais adequado para o processo ensino-aprendizagem. É conveniente, também, verificar os estudos que alertam para os problemas dessas aproximações excessivas permitidas pela tecnologia, sem o devido cuidado de considerar os contextos culturais.

Outro pressuposto amplamente debatido por grande parte dos autores e considerado um ponto relevante é o entendimento de que aprendizagem a distância é tratada dentro de uma abordagem menor do que no EaD e a concordância com o que deveria ser a preocupação principal dos ambientes, qual seja o de proporcionar as melhores condições de lugar e horário para os estudantes, ficando os professores e as instituições em segundo plano, sendo esta sim a preocupação maior do EaD como um todo.

Em síntese, considerando a revisão realizada na ampla bibliografia disponível em relação aos ambientes de aprendizagem e a já enfadonha discussão sobre as possíveis diferenças entre educação, ensino e aprendizagem a distância permite-se dizer que o ensino/aprendizagem é o que se faz (é o que fazemos), é o processo operacional, é o meio, enquanto a educação é o fim, é o que se quer (é o que queremos), é a estratégia, o produto final.

Ao optar, neste caso em particular, por uma lista de verificação consolidada tinha-se por objetivo tornar a avaliação o mais objetiva possível. Evidentemente, alguns aspectos foram levados em conta de forma subjetiva sem o que poderia haver a descaracterização da avaliação por professor-conteudista da área objeto do software (construção civil).

Acredita-se que a utilização de ambientes de apoio virtuais contribuiu com os professores no sentido de evitar perdas nos conteúdos a serem ministrados e favorecer a aprendizagem significativa dos alunos. Ficou caracterizada a ocorrência de ganhos em termos de quantidade de informações colocadas à disposição dos alunos em comparação com o que ocorria na disciplina anteriormente. Mesmo com um conteúdo muito bem elaborado e razoavelmente bem colocado pelo professor na sala de aula ele conseguia pouca eficiência, pois o ambiente de aprendizagem, seja da sala de aula propriamente dita como nos demais ambientes de apoio, tais como laboratório, e no caso o canteiro de obras não fossem planejados para vincular o conteúdo de sala com o que ocorre na frente de serviço. Os comportamentos esperados do processo de aprendizagem, segundo os defensores das teorias educacionais, o cognitivo, o afetivo e o motor precisam de alguma forma estar contemplados ao se planejar um ambiente de aprendizagem. No caso do canteiro de obras real, o aluno encontra um ambiente muito diferente do que até então teve (sala de aula, laboratórios, biblioteca etc.). Os espaços são abertos, os riscos de acidentes estão presentes, obrigando o professor a adotar medidas especiais de acompanhamento.

Um dos objetivos desta proposta de pesquisa pretendia trabalhar os conteúdos das disciplinas de construção civil de cursos de graduação usando os recursos de hipermídia, principalmente o hipertexto, com vistas a incrementar o processo de ensino-aprendizagem. Com isso foi possível obter como resultado prático a apresentação de um produto, ou seja, uma página na *Internet*, que procura contemplar os conteúdos explorados na pesquisa, proporcionando uma renovação da motivação para o aprendizado dos conteúdos de construção civil.

No que diz respeito à escolha de uma teoria de aprendizagem que já remonta à metade do século passado (1950-1960) para embasar práticas convencionais de ensino-aprendizagem e uma proposta de uso de novas tecnologias baseadas em utilização de hipertextos para ser trabalhada neste início de terceiro milênio, foi prudente verificar e constatar a existência de preocupação atual por parte de vários autores na área da educação em propor ambientes dentro do contexto da teoria da aprendizagem significativa.

De qualquer forma, verificou-se a necessidade de uma reciclagem dos docentes, não devendo esta ficar restrita ao treinamento no uso de ferramentas

informatizadas, mas, também, voltar-se para os aspectos didático-pedagógicos vinculados ao seu uso. Entende-se que a utilização de novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem deva ser uma iniciativa coletiva, envolvendo acadêmicos, professores e administradores, de modo que todos contribuam e se beneficiem em condições de relativa igualdade.

A utilização de computadores como ferramenta de apoio ao ensino de engenharia é hoje uma necessidade, da mesma forma que a utilização de hipertextos no ensino da disciplina construção civil virá com certeza propiciar uma melhoria significativa na formação dos alunos. Os computadores são ferramentas poderosas que, com o passar do tempo, tornaram-se indispensáveis no ensino de engenharia. Na medida em que tal ferramenta é incorporada à atividade cotidiana do engenheiro, as tarefas e o tempo vão sendo otimizados. Os recursos de informática podem contribuir significativamente para o ensino de um modo geral e seu uso será um importante meio de qualificação e de diferenciação competitiva no mercado de trabalho para os futuros profissionais.

Constatou-se que uma das grandes dificuldades para a atualização continuada dos profissionais de projetos e operações na área da construção civil é a falta de tempo e condições para um maior envolvimento junto ao chão de fábrica da construção que é o canteiro de obras. De outro lado, os alunos dos cursos de engenharia civil também têm dificuldade de permanecer um maior tempo nas obras de modo a se apropriar de conhecimentos novos variados (inovações) e das diversas maneiras de se executar um serviço na construção civil. Em geral, o engenheiro fica restrito a uma ou duas obras de cada vez, administrando a execução dos serviços quase sempre da mesma maneira ou com muito pouca inovação. Com relação aos alunos, estes ficam também limitados (quanto à sua aprendizagem) às obras em que porventura estejam realizando estágios. Assim, o compartilhamento dos conhecimentos na área da construção civil é bastante prejudicado, ficando os avanços atrelados à vontade dos fornecedores de materiais de construção e de equipamentos. No que diz respeito aos processos, a transmissão das inovações é muito lenta e qualquer nova maneira de executar um serviço é geralmente visto com desconfiança pelos engenheiros e pessoal de obras.

Esta experiência, somada ao interesse anterior do autor em ajudar os estudantes de engenharia a aprender como aprender, foi renovada com a percepção

de que o hipertexto e as ferramentas disponíveis na internet poderiam ser grandes aliados aos fundamentos da teoria de Ausubel e dos instrumentos apresentados por Novak. Embora o autor jamais tivesse ouvido falar deles, mesmo convivendo num ambiente educacional onde com certa frequência eram citados teóricos da educação, como Frenet, Piaget, Vigotski, Freire entre tantos, já havia se utilizado (sem saber) de algumas das ferramentas propostas por eles, como por exemplo: verificação da estrutura cognitiva anterior, esquemas hierárquicos, aprendizagem por descoberta e questões voltadas para a resolução de problemas práticos. Ao mesmo tempo em que o trabalho de tese estava sendo desenvolvido, verificou-se um surpreendente número de colegas professores da área da educação que conheciam a teoria de Ausubel e achavam que ela era interessante, mas que nunca tinham tentado praticá-la por achar simples demais. Alguns chegaram a afirmar que suas tentativas (esporádicas e experimentais) de uso da teoria tinham sido as mais gratificantes na área da aprendizagem.

Comparando com as várias experiências vividas por esses educadores e a do próprio autor, seja como alunos (da educação básica e superior) ou na qualidade de professores de cursos de graduação, podem ser verificados exemplos de práticas que pareciam congruentes com as idéias de Ausubel, ainda que raras. Ao longo desse tempo, no entanto, o relato é de que a maioria deles encontrou exemplos de más práticas de ensino e somente ocasionalmente como alunos encontraram iniciativas que consideravam boas práticas de aprendizagem.

Na experiência do autor, pelo menos uma conclusão parece encontrar ressonância nos relatos dos outros professores que tentaram aplicar métodos pouco usuais no processo de ensino-aprendizagem, que é a de que os alunos concordam em participar de uma nova experiência desde que isso possa melhorar suas notas ou se isso pudesse ser um meio de serem impulsionados na sua própria aprendizagem. Apenas os estudantes mais maduros são mais receptivos à idéia de como aprender significativamente.

A síntese da teoria, que se situa entre o cognitivismo e o construtivismo, tem sua idéia central de que todo evento que faz sentido tem significado; e se tem significado para a pessoa é porque já faz parte da estrutura cognitiva e pode ser transformado em conceitos cada vez mais completos. A prática baseada na exploração dos eventos pode ser, sem maiores esforços, levada para a sala de aula

ou para um ambiente de aprendizagem computadorizado, como por exemplo, o canteiro de obras virtual, com a utilização de textos e imagens, leituras e discussões mapeamento de seções de leitura, preparação de diagramas (mapas cognitivos) e planejamento de levantamentos para fins de diagnósticos. No caso do canteiro de obras real, a realização pelos alunos de entrevistas com os mestres-de-obras ou oficiais (pedreiros, armadores e carpinteiros) pode ser uma boa prática para a verificação do conhecimento deles acerca de um problema que se deseje entender e resolver. A experiência demonstrou que entrevista é um dos mais poderosos instrumentos que podem ajudar os alunos a entender e confiar na aprendizagem significativa.

Não há dúvida de que uma das dificuldades é exigir do professor que este adquira a habilidade necessária para levar adiante um processo de levantamento da cognição existente, ou seja, verificar o que o aluno já sabe (base da teoria de Ausubel). O instrumento que se revelou mais eficaz que as entrevistas individuais foram entrevistas coletivas com grupos de cinco alunos, nas quais o professor impôs o assunto a ser explorado e aos alunos coube preparar o mapa conceitual ou diagramas, esquemas que pudessem dar uma idéia da estrutura dos conceitos. No caso da necessidade de resolver problemas (patologia em obras, por exemplo) o grupo utilizou o tempo para preparar, além do mapa dos conceitos já apropriados, as questões a serem colocadas para o mestre.

Ao longo das experiências, os professores e os alunos freqüentemente se perguntaram o porquê da escola insistir em práticas pedagógicas tradicionais quando alternativas nem tão novas assim já existem e têm sido testadas. Essa indagação coincide com as feitas nas experiências de outros professores e com as do próprio Novak em seus trabalhos. Segundo ele, deve-se usar a própria sala de aula para tentar responder a essas questões.

Outra importante questão apontada por Ausubel e Novak que foi também constatada no decorrer deste trabalho diz respeito aos obstáculos para a aplicação mais consistente da teoria. Sabe-se que todo evento educacional modernamente aceito está centrado no educando, com concorrência de um professor, uma matéria, um ambiente (interno e externo) e um quinto elemento que é a avaliação. Tradicionalmente, a educação é demasiadamente voltada para a obtenção de notas e os procedimentos e abordagens metodológicas desenvolvidos e praticados na sala

de aula estão focalizados nos testes de aprendizagem. Se essa etapa for, como comumente tem ocorrido, o único interesse de professores e alunos, então todo o processo estará condenado ao fracasso. Em vez de exigir que os alunos aprendam mais significativamente, os testes (ao contrário de mais válidas e autênticas medidas da aprendizagem) são instrumentos que mais fazem com que a aprendizagem mecânica seja preponderante. Quase sempre os professores elaboram testes tentando exigir dos alunos conhecimentos específicos com maior ou menor referência no significado. A forma com que os testes são preparados, ou seja, com base quase que exclusivamente em assuntos apresentados na sala de aula, contribuem para o problema de motivação dos alunos em aprender. Nesses casos, a aprendizagem mecânica pode fácil e rapidamente ajudar nos testes e na obtenção de melhores notas, mas no longo prazo deixa a desejar.

Ficou claro nesta experiência de que os alunos de penúltima e última série do curso de engenharia civil sabem que a aprendizagem mecânica não é o melhor para a vida profissional deles, quando muito pode ajudar a resolver parcialmente problemas que irão surgir, seja nas obras como nos escritórios de engenharia. Comprovando o que foi verificado por Novak na década de 90 e por outros educadores muito antes disso, há uma discreta imoralidade nesse processo, estando tanto professores quanto alunos engajados numa fraude. Todos sabem que a aprendizagem mecânica não prepara para a vida, mas, mesmo assim, muitos de nossos formandos continuam a memorizar as respostas para os exames da última série por causa das notas.

Um outro obstáculo para a aprendizagem significativa é o currículo. Embora essa situação tenha melhorado, no caso dos cursos de engenharia, a partir da década passada com as discussões em torno das diretrizes curriculares, muitas disciplinas ainda são trabalhadas com cargas horárias incompatíveis com os conteúdos. Muito conteúdo para pouca carga horária. Isso somado ao fato de que, em geral, os professores de engenharia dão mais importância à matéria (obrigação de ver todo o conteúdo) do que para a exploração dos conceitos. Essa situação tende a ficar cada vez mais complicada, se o professor não rever seus procedimentos, pois está muito difícil manter o conteúdo existente dentro da carga horária, quanto mais se for levado em conta que as inovações precisam ser incorporadas ao processo. Para o professor é complicado abandonar uma prática

corrente sobre a qual ele tem pleno domínio para substituir por outra que ainda carece de experiência pessoal. Convém destacar que tudo isso ocorre num ambiente sujeito às pressões internas (professores e alunos), externas (tecnologia e sociedade), do calendário e do horário, sobrando muito pouco tempo para fazer da disciplina algo conceitualmente transparente.

Essas questões todas levam a acreditar que as alternativas já têm sido apontadas há bastante tempo. É necessário concordar com a utilização da tecnologia de comunicações, com o uso da internet, do hipertexto das imagens e dos ambientes amigáveis, de forma a permitir tanto aos professores trabalhar com essas novas ferramentas e aos alunos se utilizarem dessas ferramentas em seu proveito próprio, a fim de que dediquem mais esforço a aprender como ensinar e como aprender, respectivamente, trabalhando os conceitos mais significativamente e menos mecanicamente.

Conclui-se não ser o caso de indicar cursos sobre aprendizagem significativa ou de conteúdos nos já abarrotados currículos de modo a influenciar ou preparar os alunos para as melhores maneiras de aprender. Esse tipo de solução, como tem sido constatado em trabalhos semelhantes a este, principalmente na área da educação, não provocam mudanças preponderantes na maneira de ensinar ou aprender. Entretanto, é possível que cursos de curta duração sobre aprendizagem significativa voltados para professores de engenharia possa ajudá-los a ensinar os estudantes a aprender mais significativamente.

Com um treinamento adequado para mudar o processo e novos tipos de avaliação (preferencialmente envolvendo mapas conceituais ou diagramas) pode-se, pelo que ficou evidenciado neste trabalho, trabalhar alternativas muito promissoras para a melhoria da aprendizagem. O que, em se tratando dos jovens estudantes dos dias de hoje, de computadores e internet, trabalha-se no ambiente que lhes é perfeitamente familiar. Não há dúvida de que cada vez mais alunos universitários dispõem de meios de acesso à rede mundial e a ambientes de entretenimento que já os prepara para o uso de interfaces amigáveis e conhecidas. Por outro lado, parece haver um evidente crescimento no uso de práticas instrucionais que encorajam a aprendizagem autônoma e significativa.

Os recursos financeiros são sempre um fator limitante de melhoria de um sistema, principalmente, na área da educação pública. Entretanto, o ambiente



proposto não exige maiores custos do que os normalmente já comprometidos nos processos tradicionais de ensino-aprendizagem. Tirando o esforço pessoal do professor, não há evidências suficientes de que seja necessário arcar com custos maiores para desenvolver procedimentos e materiais instrucionais conceitualmente relevantes e potencialmente significativos do que os gastos com materiais que induzam à aprendizagem mecânica. Não custa mais nem menos enfatizar o significado das coisas no aprendizado de conceitos, assim como, não há acréscimo de custo além de tempo e dedicação a mais para mudar a mentalidade sobre o que é significativo.

Urge engrossar o movimento ordenado dos educadores que anseiam pela institucionalização de uma educação efetivamente voltada para o aluno, sem perder a coerência com o conteúdo e com currículo, de maneira a formar, mais do que apenas profissionais, cidadãos que saibam encontrar novas soluções e maneiras para fazer as coisas. Acredita-se que a experiência contribuiu para isso e que o modelo de ambiente apresentado pode potencialmente levar a maior direcionamento para a aprendizagem significativa e que esta pode impulsionar os estudantes a serem mais ativos no seu futuro em construção.

Por fim, a título de recomendações para trabalhos futuros, seja por parte deste autor no seu envolvimento com a pesquisa acadêmica ou de outros pesquisadores interessados no tema pode-se sugerir trabalhar mais os seguintes pontos:

- a) reformular o ambiente para torna-lo mais interativo, possibilitando aos alunos um maior contato *on-line* com os colegas e com o professor;
- b) desenvolver os meios para viabilizar uma maior troca de informações entre os ambientes de aprendizagem, ou seja, transmitir imagens e informações diretamente do canteiro de obras real para o virtual;
- c) desenvolver um sistema de alimentação e disponibilização *on-line* dos conteúdos da disciplina, assim como de imagens, comentários, novas tecnologias, produtos etc.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, Maria M. de. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação**. São Paulo: Atlas, 1995. 117p.
- ANGOTTI, José André P. Ensino e aprendizagem – real/virtual e mudança/permanência. In: **Formação do engenheiro**: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica/organizadores Irlan von Lisingen...[et al.]. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.
- AUSUBEL, D. In defense of advance organizers: A reply to the critics. **Review of Educational Research** n.48, 1978. p251-257.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Ed. Interamericana, 1980.
- AUSUBEL, D. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. New York: Grune & Stratton, 1963.
- AUSUBEL, D., NOVAK, J., & HANESIAN, H. **Educational Psychology**: A Cognitive View (2nd Ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston, 1978.
- BASTIEN, J. M. C., & SCAPIN, D. L.. A validation of ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces. **International Journal of Human-Computer Interaction**, 4(2), 183-196. 1992.
- BATES, Tony. Restructuring the university for technological change. In: Seminary "What kind of University?", The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, London, 18-20 june, 1997. Disponível em: <<http://bates.cstudies.ubc.ca/carnegie/carnegie.html>> Acesso em: 08 jun 1999.
- BAZZO, Walter A. **Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1998.
- BAZZO, Walter A.; PEREIRA, Luiz Teixeira do V. **Introdução à Engenharia**. 6ª ed. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2000. 247 p.:il.

BERMUDEZ, José C. M. A educação tecnológica precisa de uma política. In: **Formação do engenheiro**: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica/organizadores Irlan von Lisingen...[et al.]. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

CAMPOS, Fernanda C. A. **Hipermídia na Educação**: paradigmas e avaliação da qualidade. COPPE/UFRJ, 1994.

CAMPOS, Gilda Helena B. *et al.* Um Ambiente Educacional por Computador: Paradigmas, Ciclo de Vida e Avaliação da Qualidade. Congresso Nacional de Informática para Educadores de los Niveles Iniciales, Primario Y Medio. **Anais...** Mendoza, República Argentina, Setembro/1993.

CAMPOS, Gilda Helena B. **Metodologia para avaliação da qualidade de software educacional. Diretrizes para desenvolvedores e usuários.** 1994. Tese (Doutorado em Engenharia) - COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro.

CANDAU, V. M. **Informática na Educação**: Um desafio. Seminário Informática na Educação: um desafio. **Anais...** Nova Friburgo, 1989.

CLUNIE, G. E. T. & SOUZA, J. M. **Hipertecnologias**: recursos educacionais. COPPE/UFRJ, 1994.

COLLIS, Betty; REMMERS, Elka. The World Wide Web in Education: Issues related to Cross-Cultural Communication and Interaction In: Khan. Badrul (ed.). **Web-based instruction**. Educational Technology Publications, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1997.

CONKLIN, E. J. **Hypertext**: An introduction and survey - User's manual [computer program manual]. Portland, 1987.

DEMO, Pedro. Profissional do futuro. In: **Formação do engenheiro**: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica/organizadores Irlan von Lisingen...[et al.]. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

DUCHASTEL, P. C. "Discussion: formal and informal learning with hypermedia". In: JONASSEN, D. e MANDL, H. (Eds.). **Designing hypermedia for learning**. Berlim, Springer-Verlag, 1990. p. 135-146.

FREITAS , Maria do Carmo D. **Um ambiente de aprendizagem pela internet aplicado a construção civil**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

GALVIS, A.H. **Ingenieria de Software educativo**. Santafé de Bogotá: Ediciones Uniandes, 1992.

GAMEZ, Luciano. **Técnica de Inspeção de Conformidade Ergonômica de Software Educacional**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Humana) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Humana, Universidade do Minho. Minho.

HARASIM, Linda. On-line Education: a new domain. In: Mason, Robin and Kaye, Antony (eds.) **Mindweave**: Communication, Computers and Distance, 1989.

JACOBS, G. "Hypermedia and discovery-based learning: a historical perspective". In: **British Journal of Educational Technology**. 1992. v. 23, n. 2, p.113-121.

JONASSEN, D. O uso das tecnologias na educação a distância e a aprendizagem construtivista. **Em Aberto**, Brasília, ano 16, n.70, abr/jun 1996.

JONASSEN, D.H., & GRABOWSKI, B. L. (1993). **Handbook of individual differences**: Learning & instruction. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates, 1993.

KRÜGER, José Adelino. **A Ergonomia utilizada como ferramenta na educação para o trabalho do carpinteiro na construção de edifícios**. 2002. Tese (doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

LAWSON, M. J. (1994). Concept Mapping. In T. Husén & T. N. Postlethwaite (Eds.), *The international encyclopedia of education* (2nd ed., Vol. 2, pp. 1026-1031). Oxford: Elsevier Science.

LEZANA, Álvaro G. R. A educação tecnológica e a tecnologia na educação. In: **Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica/organizadores Irlan von Lisingen...[et al.]**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

MACHADO, Mardem de A. **Ensino de matemática financeira por CBT – uma abordagem metodológica**. 1997. Tese (doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

MARTÍNEZ, Max Quiroz. **La World Wide Web como poderosa herramienta didáctica en la educacion a distancia**. Tecnológico de Monterrey - Campus Estado de México, México, 1997 (texto retirado da internet em url não disponível).

MASSETTO, Marcos T. Reconceptualizando o processo ensino-aprendizagem no ensino superior e suas consequências para o ambiente de aula. In: Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino, 9. **Anais...** Olhando a qualidade do ensino a partir da sala de aula. Águas de Lindóia : FEUSP, 1998.

MENDES JR. Ricardo. A avaliação do desempenho didático-pedagógico do ambiente CIVIX-WEBPCO. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (29: 2001: Porto Alegre, RS). **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, FENG PUC, Abenge, 2001. CD-ROM. il.

MIDORO, Vittorio. What makes multimedia systems interesting for education? ED MEDIA 93 - Educational Multimedia and Hypermedia Annual. **Proccedings...**; AACE. 1993. 377-382.

MINAYO, Maria C. de S. *et al.* **Pesquisa social – teoria, método, e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 1984. 80p.

MOORE, Michel; KEARSLEY, Greg. **Distance educational: a systems view**. Belmont (EUA): Wadsworth Publishing Company, 1996.

MORGADO, Lina. O lugar do hipertexto na aprendizagem: alguns princípios para sua concepção. **Fazendo escola – Moderna on line**. 1998. disponível em: <<http://www.moderna.com.br/escola/prof/art22.doc>> acesso em 05 maio de 2001.

NIQUINI, Débora Pinto. **Informática na educação implicações didático - pedagógicas e construção de conhecimento**. São Paulo: Editora UNIVERSA, 1996.

NOVAK, J. D. (1993). How do we learn our lesson?: Taking students through the process. **The Science Teacher**, 60(3), 50-55.

NOVAK, J.D. (1991). Clarify with concept maps: A tool for students and teachers alike. *The Science Teacher*, 58(7), 45-49.

NOVAK, J.D. 1991. Concept maps and vee diagrams: two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. *Instructional Science* 19:1-25

NOVAK, J.D., GOWIN, D.B., and JOHANSEN, G.T. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. **Science Education**, 67, 625-645.

OLIVEIRA, Celina Couto; MENEZES, Eliane Inez M.; MOREIRA, Mércia. Avaliação de *software* educativo. **Tecnologia Educacional**. Rio de Janeiro, v.16, p. 50-54, jul/ago. 1987.

PERES, Flávia M. de; NOTTINGHAM, Patrícia C. **Novas tecnologias trazem inovações pedagógicas**. 1998. Disponível em : <<http://www2.insoft.softex.br/~projEaD/rv/flavia.htm>>. Acessado em 15 abr de 2001.

PORTER, Lynnette R. **Creating the Virtual Classroom: Distance Learning With the Internet**. New York, NY: John Wiley & Sons, 1997.

PRATA, Alvaro Toubes. Comentários sobre a atuação do engenheiro-professor. In: **Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica/organizadores Irlan von Lisingen...[et al.]**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

SACADURA, Jean-François. A formação do engenheiro no limiar do terceiro milênio. In: **Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares**

e questões da educação tecnológica/organizadores Irlan von Lisingen...[et al.]. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

SALLUM, Maria J. G. Os currículos de engenharia no Brasil – estágio atual e tendências. In: **Formação do engenheiro**: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica/organizadores Irlan von Lisingen...[et al.]. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

SANTOS, Alckmar Luiz dos. Textualidade literária e hipertexto informatizado. V Encontro Nacional da ABRALIC. Comunicação apresentada. **Anais...** Florianópolis - UFSC/CNPq, 1997.

SCHRUM, Lynne. On-line education: a study of emerging pedagogy. In: Cahoon, Brad (ed.). **Adult Learning and the Internet**. New directions for adult and continuing education. Jossey-Bass Publishers, number 78, summer 1998.

SILVA, Cassandra Ribeiro de O. e. **Bases pedagógicas e ergonômicas para a concepção e avaliação de produtos educacionais informatizados**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – PPGE/UFSC. Florianópolis.

SILVA, Cassandra Ribeiro de O. e. **MAEP**: um método ergopedagógico interativo de avaliação para produtos educacionais informatizados. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – PPGE/UFSC. Florianópolis. 221p.

SILVA, Cassandra Ribeiro. VARGAS, Carlos Luciano Sant'Ana. Avaliação da qualidade de software educacional. XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção e V International Congress of Industrial Engineering. **Anais...**CD-ROM. Rio de Janeiro, novembro de 1999.

SILVA, Edna L. da. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**/Edna Lúcia da Silva, Estera Muszkat Menezes. – 2ª ed. Ver. – Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 120p.

SOARES, Eliana M. do S. Experiências na construção de ambientes virtuais de aprendizagem. In: Congresso Brasileiro de ensino de Engenharia (27: 1999: Natal, RN). **Anais ...** Natal: UFRN, UNP, Abenge, Finep, 1999. CD-ROM: il. p.2686-2692.

SOUZA, Marina Fialho de. Engenharia de ontem e hoje. In: **Formação do engenheiro**: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica/organizadores Irlan von Lisingen...[et al.]. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

SQUIRES, David; PREECE, Jenny. Usability and learning: evaluating the potential of educational *software*. Great Britain: **Computer Edu.** v. 27, n. 1, p. 15-22, 1996.

TRIVIÑOS, Augusto N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**. São Paulo: Editora Atlas, 1987. 175p.

VEIGA, Ilma P. A. Perspectivas para a reflexão em torno do projeto político-pedagógico. In: **Escola: espaço do projeto político-pedagógico**. Organização de Ilma Passos Alencastro Veiga, Lúcia Maria Gonçalves de Resende – Campinas, SP: Papirus, 1998. 200p.

VISSER, Jan. Learning without frontiers: beyond open and distance learning. World ICDE Conference, 18<sup>th</sup>. **Proceedings...** Pennsylvania: Pennsylvania State University, 1997.